

# AEROREPORT 01|17

Das Luftfahrtmagazin der MTU Aero Engines | [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

## Werte erhalten

*Triebwerksinstandhaltung passgenau  
für den weltweiten Luftfahrtmarkt*



### TECHNOLOGY

Kleine Reparatur –  
große Wirkung für  
V2500-Verdichtergehäuse

### TECHNOLOGY

Ein Hauch von Schutz  
Beschichtungen im  
Triebwerk

### PARTNERS

Gemeinsam forschen  
mit der Leibnitz  
Universität Hannover



**Werteprüfung** — Auf dem Prüfstand muss das überholte Triebwerk, hier ein V2500 bei der MTU Maintenance Hannover, die geforderten Leistungen bringen, bevor es an den Kunden ausgeliefert wird. Ein wesentlicher Wert, der dabei gemessen wird, ist die Abgastemperatur.

*Liebe Leserinnen und Leser,*

Luftfahrtantriebe sind extrem hochwertige Investitionsgüter. Ihr Wert kann lange erhalten bleiben, dem Verschleiß im Flugbetrieb zum Trotz. Ein ganzer Industriezweig – auch die MTU Maintenance gehört dazu – beschäftigt sich mit der Instandsetzung von Flugtriebwerken. Der Markt ist derzeit im Wandel: Zunehmend kommen neue Triebwerke mit Fly-by-hour-Agreements des Herstellers an den Flügel. Der Vorteil für den OEM und seine Partner: Sie verdienen von der ersten Flugstunde an, nicht erst beim Ersatzteilverkauf. Der Vorteil für die Airline: Kostenkontrolle von Anfang an.

Ein Fly-by-hour-Agreement zahlt sich jedoch nicht für jede Airline und jedes Triebwerk aus. Abrechnung nach Aufwand oder kostengünstigere Reparaturlösungen können sich vor allem für ältere Triebwerke eher lohnen. Eine unserer Stärken bei der MTU Aero Engines ist, dass wir für jedes Nutzungsszenario das passende Angebot in unserem breiten Portfolio haben. Und unsere aktuellen Daten zeigen, wie gut das ankommt: Die Wachstumsrate der MTU in der zivilen Instandhaltung lag 2016 gegenüber dem Vorjahr erneut bei mehr als 20 Prozent. 980 geplante Shop Visits und weitere 300 kleinere Aufträge haben die Mitarbeiter an den MRO-Standorten bewältigt.

Von den Kompetenzen der MTU in diesem Bereich wollen wir Ihnen in dieser Ausgabe des **AEROREPORTs** erzählen – und wie gewohnt auch über den Tellerrand hinaus schauen. Wir haben IATA-CEO Alexandre de Juniac nach Technologie und Politik in der zivilen Luftfahrt gefragt; wir stellen das Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik der Leibniz Universität Hannover vor; wir zeigen Technologien und Verfahren, die dazu beitragen, die Werte von Triebwerken zu erhalten.



Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen

A handwritten signature in blue ink that reads "Reiner Winkler". The signature is fluid and cursive.

Reiner Winkler  
*Vorsitzender des Vorstands*



**COVER STORY**

Werte erhalten

Triebwerke sind wertvolle Investitionsgüter: In ihre Instandhaltung werden jährlich Milliarden investiert. Technologisch haben sie keine Altersgrenze, aber jedes Triebwerksalter und jede Anwendung braucht und bekommt den wirtschaftlich optimalen Service.

---

Seite 8



**PARTNERS**

Viva la Evolución

Der MTU Maintenance-Kunde Aero-Mexico ist der Branchenprimus in Latein-amerikas zweitgrößter Volkswirtschaft. Ebenso wie Mexiko selbst hat sich der Carrier erfolgreich auf den Weg der Modernisierung gemacht, mit junger Flotte und zuverlässigem Service.

---

Seite 20



**PARTNERS**

Gemeinsam forschen in der Königsdisziplin

Die Leibniz Universität Hannover ist Forschungspartner der MTU: Am Kompetenzzentrum für Turbine und MRO werden neue Methoden und Werkzeuge für die Triebwerks-Maintenance der Zukunft entwickelt.

---

Seite 26

**CONTENTS**

**NEWS**

- 6 **GTF gemeinsam** MTU Aero Engines und Lufthansa Technik vereinbaren Instandhaltungsunternehmen
- 6 **Schnelle Hilfe aus Brandenburg** 25 Jahre Pratt & Whitney Canada Customer Service Centre Europe
- 7 **Früher als geplant** Embraer startet Flugprobung der E195-E2
- 7 **Nonstop von der Cheapside zur Wall Street** Bombardier testet mit der CS100 den Direktflug zwischen den Finanzzentren
- 7 **Erneut gesteigert** Wachstum 2016 in der zivilen Instandhaltung

**COVER STORY**

- 8 **Werte erhalten** Milliarden US-Dollar werden jährlich in die Triebwerksinstandhaltung investiert, Tendenz steigend

**MARKET**

- 16 **MRO-Tagebuch eines Triebwerks** Der Lebenslauf eines V2500 aus Sicht der Instandhaltung

**PARTNERS**

- 20 **Viva la Evolución** Erfolgreiche Modernisierung bei AeroMexico
- 26 **Gemeinsam forschen in der Königsdisziplin** Kompetenzzentrum MRO, eine gemeinsame Wissenschaftsschmiede von der MTU und Leibniz Universität Hannover

**EXPERTISE**

- 30 **Die Brückenbauerin** Ingenieurin Anita VanBarneveld vereint Job, Familie und Sport
- 32 **„Wir brauchen starke Partnerschaften“** IATA-CEO Alexandre de Juniac über neue Technologien und Politik in der zivilen Luftfahrt

**EXPERTISE**

## „Wir brauchen starke Partnerschaften“

Alexandre de Juniac, Director General und CEO des Zivilluftfahrtverbands IATA, ist sicher, dass die Luftfahrtindustrie genug Innovationskraft hat, um das Wachstum im Flugverkehr zu meistern – aber nur, wenn sie zusammenhält, sagt er im Gespräch mit dem **AEROREPORT**.

---

Seite 32

**TECHNOLOGY**

## Ein Hauch von Schutz

Mehr als die Hälfte der Bauteile in einem Triebwerk sind beschichtet. Hauchfeine metallische und keramische Schichten schützen vor Hitze, Erosion durch Sand und Stäube und vor chemischen Angriffen. Auf dem Weg zu effizienteren Flugantrieben mit höheren Verbrennungstemperaturen sind Beschichtungen zur Schlüsseltechnologie geworden.

---

Seite 38

**TECHNOLOGY**

## Kleine Reparatur – große Wirkung

Manchmal kann ein unscheinbares Bauteil beträchtliche Auswirkungen haben: Beim Hochdruckverdichter des V2500 reduzierten dünne Schwingungsdämpfungsdrähte die Lebensdauer des gesamten Gehäuses. Eine Nut-Feder-Lösung für die Drahtenden und eine funkenfrei aufgetragene Beschichtung der Gehäusewand schaffen Abhilfe.

---

Seite 44

**TECHNOLOGY**

**38 Ein Hauch von Schutz** Beschichtungen sind der Schlüssel zu effizienteren Flugantrieben

**44 Kleine Reparatur – große Wirkung** Eine einfache Lösung verlängert die Lebensdauer des V2500 deutlich

**FACTS**

**48 Die A320-Familie in Zahlen** Vor 30 Jahren startete die erste A320 zu ihrem Erstflug

**50 Messbares Wachstum** Werte aus der Unternehmensbilanz 2016

**50 Gewinnspiel**

**50 Impressum und Bildnachweis**



[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

Alle Beiträge aus der Print-Ausgabe finden Sie ebenfalls online unter: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de) – auch im passenden Format für Ihr Smartphone oder Tablet. Informative Videos, Fotogalerien, zoombare Bilder und andere interaktive Specials warten dort auf Sie.

## GTF gemeinsam



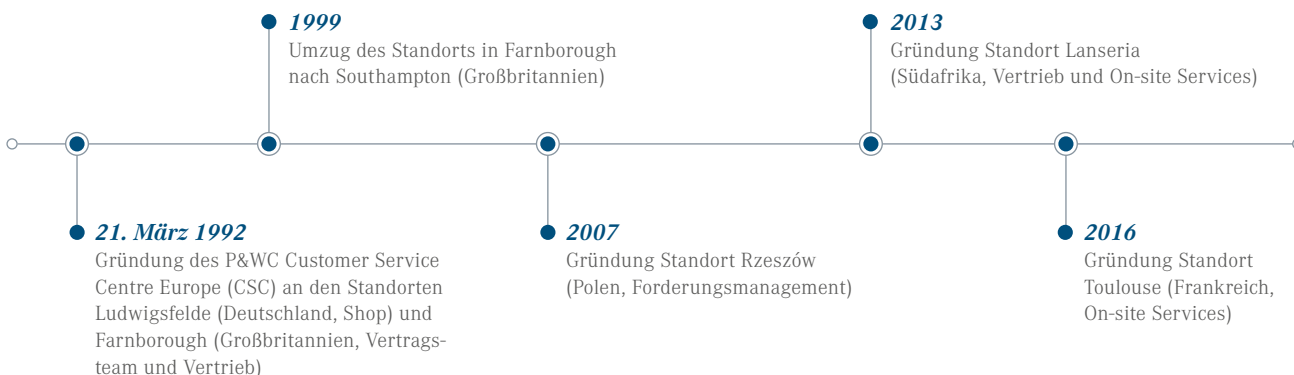
**Abgemacht** — MTU-Programme-Vorstand Michael Schreyögg (links) und Johannes Bußmann, Vorstandsvorsitzender Lufthansa Technik.

**MTU Aero Engines und Lufthansa Technik vereinbaren Instandhaltungsunternehmen.** MTU Aero Engines und Lufthansa Technik planen die Gründung eines gemeinsamen Instandhaltungsunternehmens für Getriebefan-Triebwerke, an dem beide Partner jeweils 50 Prozent der Anteile halten. Eine entsprechende Vereinbarung haben beide Unternehmen am 20. Februar in Berlin unterzeichnet. Das Gemeinschaftsunternehmen wird voraussichtlich im zweiten Halbjahr 2017 gegründet. Der neue Standort soll seinen Betrieb 2020 aufnehmen und mehr als 500 Mitarbeiter beschäftigen. Geplant ist eine Kapazität von mehr als 300 Instandsetzungen pro Jahr.

## Schnelle Hilfe aus Brandenburg

**Das Pratt & Whitney Canada Customer Service Centre Europe (CSC) feiert 25-jähriges Bestehen.** Der 21. März 1992 ist das Gründungsdatum des Joint Ventures zwischen der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg und Pratt & Whitney Canada, das P&WC-Antriebe in der EMEA-Region (Europa, Mittlerer Osten, Afrika) betreut. „Unser Launch Customer war LeaseCo; Wideroes, Norsk Luftambulance und Jet Aviation gehörten zu den ersten, die unseren Service in Anspruch nahmen“, berichtet CSC-Geschäftsführer Carsten Behrens. Das Kundenportfolio reicht von Geschäftsleuten über kommerzielle Airlines bis zu

Luftrettungsdiensten wie ADAC oder Tyrol Air Ambulance. Von zirka 35 Mitarbeitern im Gründungsjahr ist das Unternehmen inzwischen auf knapp 60 Mitarbeiter angewachsen, die an fünf Standorten in Deutschland, Frankreich, England, Polen und Südafrika arbeiten. Seit 1992 hat das CSC mehr als 12.500 Triebwerke und Bauteile überholt. „Im Schnitt sind es zwischen 600 und 650 Inputs jährlich, dazu noch einmal rund 200 On-site Events des Mobile Repair Teams“, sagt Behrens. Die Bereitstellung von Leihtriebwerken und der Verkauf neuer oder gebrauchter Triebwerke runden heute das Portfolio des Unternehmens ab.



## Früher als geplant

**Embraer startet Flugerprobung der E195-E2.** Rund ein halbes Jahr früher als ursprünglich angekündigt hat der brasilianische Flugzeughersteller Embraer die neue E195-E2 nicht nur ausgerollt, sondern Ende März auch in die Luft gebracht. Auf dem zweistündigen Flug war das Fahrwerk eingefahren; getestet wurde insbesondere die Fly-by-Wire-Steuerung im Direktbetrieb. Die Piloten berichteten

laut Embraer-COO Luis Carlos Affonso, dass der 120- bis 142-Sitzer exakt gleich wie die kleinere E190-E2 fliege, die ihren Erstflug im Mai 2016 absolviert hat. „Die anstehende zweijährige Flugerprobungskampagne wird es uns erlauben, unserem Erstkunden Azul 2019 ein ausgereiftes und verlässliches Flugzeug zu übergeben“, sagte Affonso. Der Erstflug eines zweiten E195-E2-Prototypen ist bis Ende

dieses Jahres geplant. Im Vergleich zum E195-E1-Standard bietet die Weiterentwicklung –E2 drei zusätzliche Sitzreihen sowie eine Reichweitenerhöhung auf bis zu 2.450 nautische Meilen. Laut Embraer sinkt zudem der Kraftstoffverbrauch um bis zu 24 Prozent pro Sitzplatz. Die E195-E2 ist wie die E190-E2 exklusiv mit PW1900G-Getriebefan-Triebwerken ausgestattet.

## Nonstop von der Cheapside zur Wall Street

**Bombardier testet mit der CS100 den Direktflug zwischen den Finanzzentren.**

Bislang bedient der „Bankershuttle“, eine A318 von British Airways, die Strecke zwischen London City Airport (LCY) und New York (JFK), den jeweils nächsten Flughäfen bei den beiden wichtigsten Finanzzentren der Welt. Der Flieger muss jedoch stets in Shannon/Irland zum Tanken zwischenlanden, da die kurze Runway in LCY nur eine begrenzte Zuladung zulässt. Nun hat Bombardier mit einer CS100 gezeigt, dass der Direktflug möglich ist, zumindest in einer reinen Premium-Konfiguration mit 40 Sitzen.



Der London City Airport mitten in der Stadt verlangt neben besonderem fliegerischem Können treibstoffeffiziente und leise Antriebe. Nach einer Serie von Steilanflügen hob die CS100 mit der Registrierung C-GWYD an einem wolkigen Frühlingstag kurz vor Mittag in London zu ihrem Nonstop-Flug über den Atlantik ab und landete kurz nach sieben Uhr abends in New York.

Bombardier hofft, die Steilanflugzulassung für die CS100 bald zu erhalten, die dann im Dienst von Swiss den Service von LCY aus aufnehmen soll. Die C Series-Familie wird exklusiv mit PW1500G-Triebwerken betrieben, an denen die MTU mit 17 Prozent beteiligt ist.

## Erneut gesteigert

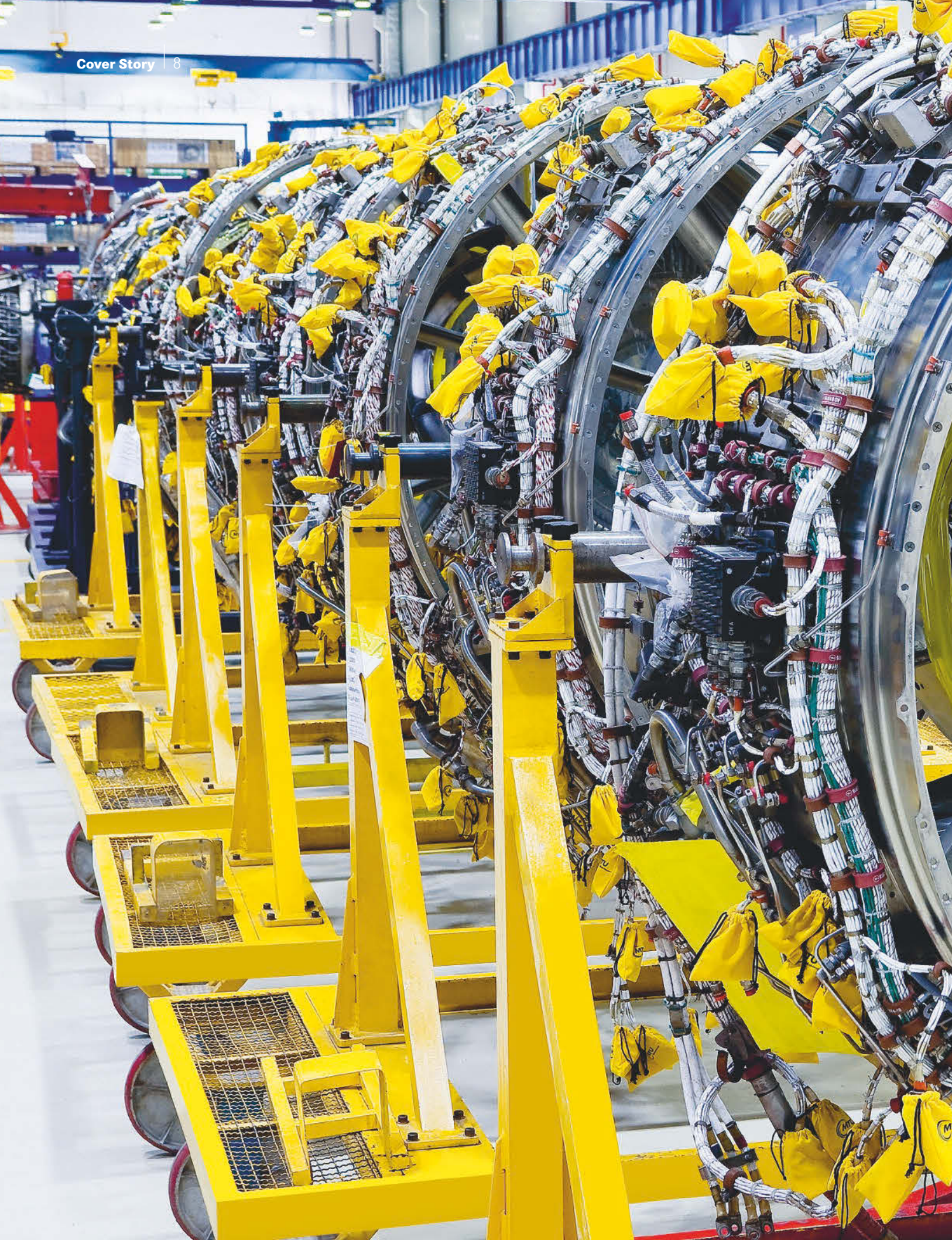
### Wachstum 2016 in der zivilen Instandhaltung bei der MTU Maintenance

Um mehr als **20** Prozent ist 2016 der Umsatz des MTU-Geschäftsbereichs zivile Instandsetzung gegenüber dem Vorjahr gewachsen. Zum zweiten Mal in Folge war die Wachstumsrate so hoch.

Der Auftragswert der über **250** Neuverträge und Einzelaufträge beläuft sich auf **2,2 Milliarden** US-Dollar.

**980** Repair & Overhaul Shop Visits und circa **300** kleinere Aufträge haben die Mitarbeiter der MRO-Standorte 2016 abgewickelt.

**26** Neukunden konnte die MTU Maintenance 2016 gewinnen. Dazu gehören Sky Regional Airlines, BH Air, Garuda Indonesia, VivaAerobus und Kenya Airways.





# Werte erhalten

*Triebwerke sind wertvolle Investitionsgüter. Weltweit werden daher jedes Jahr Milliarden US-Dollar in die Reparatur und Instandhaltung investiert. Tendenz steigend: Die Zunahme des Luftverkehrs und neue digitale Techniken machen die Engine-Maintenance zu einem Wachstumsmarkt.*

**Autorin:** Monika Weiner

**Marktführer in Asien**

V2500-Fanghäuse bei der  
MTU Maintenance Zhuhai.



#### Einsicht

Zwei Mitarbeiter der MTU Maintenance Hannover untersuchen ein V2500-Triebwerk mit dem Boroskop.

*„Technologisch gibt es keine Altersgrenze. Wir sehen das am V2500. Mittlerweile sind manche dieser Triebwerke schon fast 30 Jahre alt und immer noch voll funktionstüchtig.“*

#### Leo Koppers

Senior Vice President Marketing and Sales, MTU Maintenance

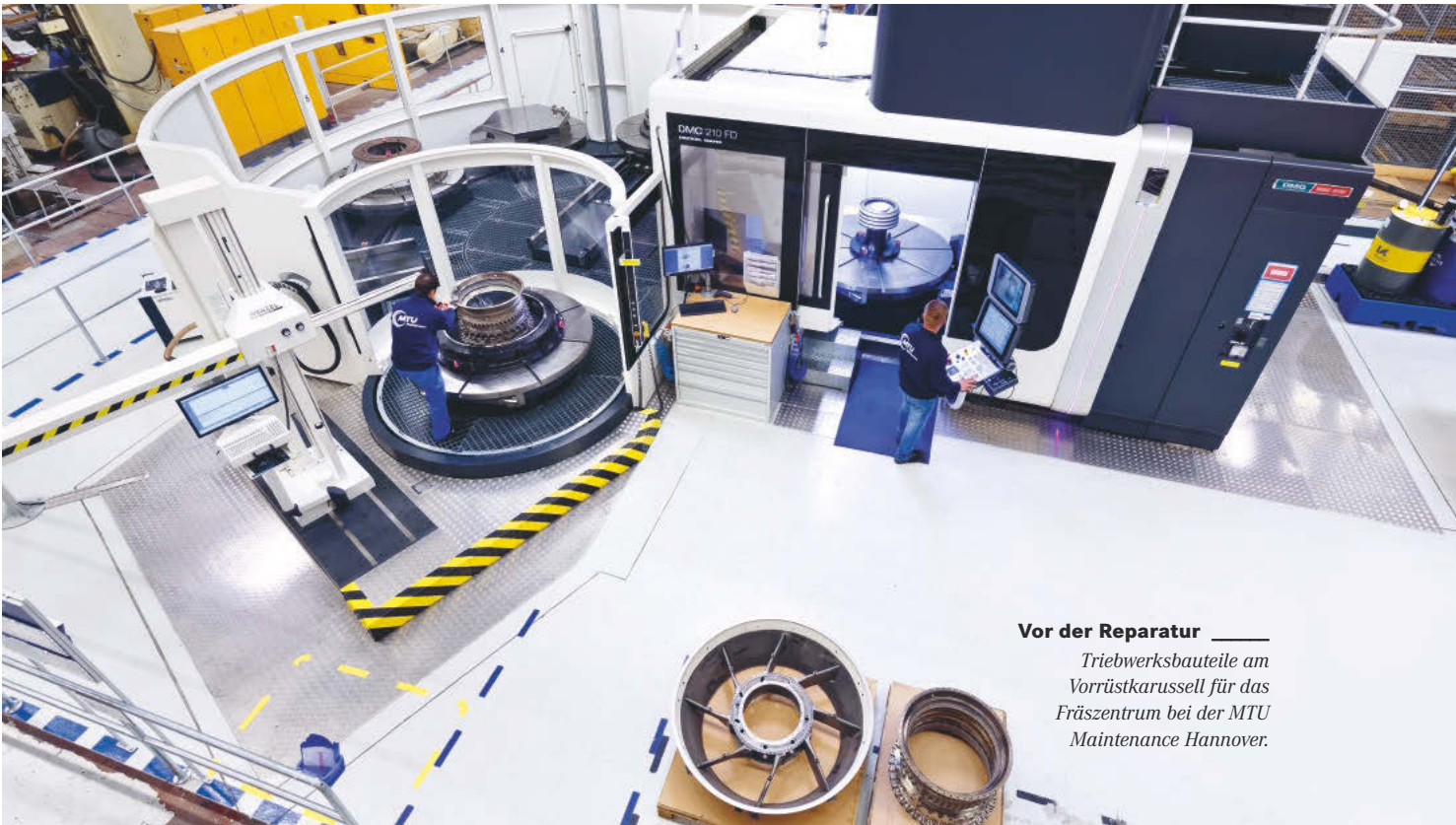
Zu alt zum Fliegen? Triebwerke kommen nur in die Jahre. „Technologisch gibt es keine Altersgrenze“, sagt Leo Koppers, SVP Marketing and Sales bei der MTU Maintenance. „Wir sehen das am V2500. Mittlerweile sind manche dieser Triebwerke schon fast 30 Jahre alt und immer noch voll funktionstüchtig.“

Dafür muss allerdings einiges getan werden, denn natürlich nutzen sich Triebwerke im Flugbetrieb ab. Strenge Sicherheitsbestimmungen schreiben Instandhaltungsintervalle vor; in manchen Einsatzgebieten verschleßen die Bauteile zudem schneller: Fast 25 Milliarden US-Dollar wurden 2015 weltweit für Instandhaltung, Reparaturen und Überholung von Triebwerken – Maintenance, Repair and Overhaul, kurz MRO – ausgegeben. Für 2025 werden 46 Milliarden US-Dollar prognostiziert. Das ist viel Geld für die Airlines, die wegen der großen Konkurrenz unter Kostendruck stehen. Warum es sich für sie dennoch lohnt, immer mehr in ein ewiges – oder zumindest langes – Leben ihrer

Triebwerke zu investieren, weiß Dr. Andreas Sizmann, Experte für Zukunftstechnologien und Ökologie der Luftfahrt beim Bauhaus Luftfahrt: „Die Airlines wollen in erster Linie die Verfügbarkeit der Flotte sicherstellen, denn jeder Ausfall ist mit hohen Verlusten verbunden. Gleichzeitig verfolgen sie das Ziel, die Kosten für die Instandhaltung möglichst niedrig zu halten.“

#### Jeder Triebwerkseigner hat andere Anforderungen

Wieviel ein Flugzeughalter bereit ist auszugeben, hängt von vielen Faktoren ab: Da sind einmal die äußeren Zwänge wie die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Instandhaltungsintervalle, die eingehalten werden müssen. Wichtig ist aber auch, wie alt die Triebwerke sind, und ob die Maschinen Eigentum der Airline sind und langfristig auch bleiben sollen, oder ob sie geleast sind. Bei eigenen Flugzeugen kann die Airline selbst den Zeithorizont des Flugbetriebs bestimmen. Leasingfirmen, die daran interessiert sind, den Wert der Maschinen zu erhalten, fordern unter Umstän-



### Vor der Reparatur

Triebwerksbauteile am Vorrückarussell für das Fräszentrum bei der MTU Maintenance Hannover.

den bestimmte Wartungsarbeiten und engere Instandsetzungsintervalle. Fazit: Der Markt ist riesig, aber jeder Kunde ist anders.

Und auch bei den Anbietern von MRO-Services gibt es große Unterschiede: Da sind einmal die Original Equipment Manufacturers (OEMs) – etwa GE Aviation, Rolls-Royce, Pratt & Whitney. Die Originalteile, die sie bieten, sind teuer, erhöhen jedoch den Werterhalt. Für einen Halter, der sein Flugzeug nach zehn bis 15 Jahren noch weiterverkaufen will, ist das ein wichtiges Kriterium. Umfassende Serviceleistungen bieten aber auch die unabhängigen Anbieter wie die MTU Maintenance, die Originalteile einbauen können, aber nicht müssen. Und doch gibt es Gemeinsamkeiten: Alle MRO-Anbieter entwickeln ständig neue Technologien, mit denen sich Instandsetzungsarbeiten optimieren und – wenn sie schon nicht vermeidbar sind – möglichst schnell durchführen lassen.

„Ein vielversprechender Ansatz ist die elektronische Triebwerksüberwachung“, berichtet Koppers. „Dabei messen Dutzende von Sensoren während des Fluges Abgas- und Triebwerkstemperatur, Sprit- und Ölverbrauch, Vibrationen sowie den Druck in Verdichter, Brennkammer und Turbinen. Die Daten können nach dem Flug ausgelesen oder vom Bordcomputer über Satellit zur Bodenstation gefunkt und dort sofort ausgewertet werden. Auf diese Weise lassen sich technische Probleme frühzeitig erkennen, außerdem kann man die notwendigen Instandsetzungsarbeiten besser planen.“ So können die Shop Visits an die tatsächlichen Anforderungen angepasst werden: Ist ein Triebwerk etwa über-

### BIG DATA IN DER TRIEBWERKSINSTANDSETZUNG

## Ein Terabyte Daten

werden von einem Flugzeugtriebwerk durchschnittlich während eines einzelnen Flugs produziert.

Ein Getriebefan-Triebwerk liefert während eines einzelnen

Flugs Daten über **5.000 Parameter.**

Die gesamte Getriebefan-Flotte wird einmal jährlich

## zwei Petabytes Daten

liefern – also 1.000 Terabytes oder  $10^{15}$  Bytes.

Das ist allerdings immer noch weniger als die Speicherkapazität eines einzelnen menschlichen Gehirns, die nach Berechnungen von Wissenschaftlern bei 2,5 Petabytes liegen dürfte.

wiegend in Wüstengebieten unterwegs, wo viel Sand und Staub in der Luft ist, muss es früher in den Engine Shop als eines, das in Nordeuropa oder Nordamerika geflogen wird.



**Blick ins Innere**  
 Boroskopieren eines  
 Triebwerks bei der MTU  
 Maintenance Hannover.



**Exakte Vorarbeit**  
 Ein V2500-Hochdruck-  
 verdichter wird für das  
 Hochgeschwindigkeits-  
 schleifen vorbereitet.

**NARROWBODY-TRIEBWERKE: SHOP VISITS 2016**

Triebwerk:	Aktive Flotte:	Shop Visits: *
V2500	5.850	800
CFM56-3	1.716	245
CFM56-5B/5C	7.070	600
CFM56-7	11.750	810
PW2000	562	110
JT8D-200	760	160

\*geschätzt, Datenquelle: Flightglobal Fleet Analyzer, März 2017

**Immer länger am Flügel**

„Insgesamt geht der Trend hin zu immer längeren Wartungszyklen“, betont Koppers. „Das liegt am verbesserten Monitoring, aber auch daran, dass die Technik immer zuverlässiger wird: Das V2500 brauchte bis zu fünf Shop Visits über den Lebenszyklus, neue Next-Generation-Triebwerke wie das PW1100G-JM oder das LEAP werden tendenziell mit drei auskommen können.“ Und weniger Shop Visits bedeuten weniger Standzeiten und geringere Kosten: Für einen kompletten Service muss das Triebwerk ausgebaut und gegen einen Ersatzmotor ausgetauscht werden. Das dauert mindestens acht Stunden. Danach bringt ein Flugzeug das zu überholende Triebwerk in den Engine Shop. Dort stehen Mechaniker bereit, die die Bauteile reinigen, prüfen und im Bedarfsfall ersetzen (siehe MRO-Tagebuch eines Triebwerks, S. 16). Das kann Wochen dauern und kostet Millionen für hochwertige Materialien und Ersatzteile. Viele der komplexen Arbeiten, die dabei anfallen, sind zudem nicht nur technologisch anspruchsvoll, sondern auch reine Handarbeit. Damit ist jeder eingesparte oder in die Zukunft verschobene Shop Visit ein Gewinn.

*„Wir helfen dem Kunden sicherzustellen, dass das Triebwerk einsatzbereit ist, solange es benötigt wird, und sich am Ende noch für einen möglichst guten Preis verkaufen lässt.“*

**Leo Koppers**  
SVP Marketing and Sales, MTU Maintenance

Beliebig hinauszögern kann man sie freilich nicht: Weil einzelne Komponenten wie Schaufeln und Dichtsegmente extrem beansprucht werden, sinkt im Laufe der Zeit die Leistung des Triebwerks. Mit abnehmendem Wirkungsgrad steigt die Verbrennungstemperatur beziehungsweise der Kraftstoffverbrauch, erkennbar an der höheren Abgastemperatur, im Fachjargon Exhaust Gas Temperature (EGT). Die abnehmende Differenz zwischen der zugelassenen Maximaltemperatur und der Temperatur im Flugbetrieb, die EGT-Margin, zeigt die Notwendigkeit und den Erfolg von Instandsetzungsarbeiten an. Um sie und damit den Wirkungsgrad wieder zu erhöhen, muss beim Shop Visit etwa das Spaltmaß zwischen Schaufel und Einlaufbelag in der Hochdruckturbinen verringert werden. Dazu dienen Beläge an der Gehäuseinnenseite oder das Auflöten einer Panzerung auf die Schaufelspitzen.

### Kostenoptimierung bei älteren Triebwerken

Sind die ersten Shop Visits schon teuer, so steigen die Kosten rasant, wenn die Flugzeuge nach 25 bis 30 Jahren das Ende ihres Lebens erreichen. MRO-Provider wie die MTU Maintenance bieten daher für den so genannten Mature Engine Service ein ganzes Portfolio von Lösungen an, die nicht mehr lohnende Instandhaltungskosten vermeiden: Reparatur, Einbau neuer oder gebrauchter Ersatzteile, Zerlegung und Weiterverwertung sowie Leasing von Ersatztriebwerken. Der Kunde hat die Wahl.

„Wirklich entscheidend sind allerdings nicht kurzfristige Einsparungen, sondern der langfristige Erfolg“, betont Koppers: „Wir haben bei der MTU Maintenance ein Konzept der Lifecycle Optimization entwickelt, das die Ökonomie bei der Instandhaltung, den Erhalt



**Feinarbeit** — Bearbeiten einer V2500-Hochdruckturbinen-Leitschaufel auf der Laserschneidanlage.



**Berührungsloses Abtragen** — Erodieren einer Hochdruckturbinenschaufel.



**Millimetergenau**

Mit dem Laser werden Kühlluftlöcher in eine Hochdruckturbinen-Leitschaufel gebohrt.



**Details im Blick**

Sichtprüfung von reparierten Triebwerksbauteilen bei der MTU.

*„Der Kostendruck, unter dem die Airlines stehen, wird neue Analyse- beziehungsweise Prüfverfahren hervorbringen.“*

**Dr. Andreas Sizmann**

Head of Future Technologies and Ecology of Aviation, Bauhaus Luftfahrt

des Werts und die Kundenzufriedenheit umfasst. Wir versuchen in jedem Einzelfall die optimale Lösung zu finden.“ Bei einem Triebwerk, das noch zehn Jahre am Flügel bleiben soll, empfiehlt sich vielleicht der Einbau von Originalteilen; bei einem anderen, das nur noch ein paar Tausend Starts und Landungen vor sich hat, sind gebrauchte, reparierte Ersatzteile möglicherweise ausreichend. „Unser Vorteil als Independent-Anbieter ist es, dass wir Originalersatzteile anbieten können, aber nicht müssen. Gleichzeitig helfen wir dem Kunden sicherzustellen, dass das Triebwerk einsatzbereit ist, solange es benötigt wird, und sich am Ende noch für einen möglichst guten Preis verkaufen lässt.“

**Trends für die Zukunft**

Allen Optimierungsstrategien zum Trotz verschlingt die Maintenance aber immer noch Milliarden – in den letzten Jahren sind


die Kosten für die Shop Visits sogar noch gestiegen, weil die Antriebe immer komplexer werden. Betragen die Instandhaltungskosten für Triebwerke 2007 laut der International Air Transport Association (IATA) noch 42 Prozent der Gesamtwartungskosten, so waren es 2016 bereits 50 Prozent.

Bauhaus Luftfahrt-Forscher Sizmann ist überzeugt: „Der Kostendruck, unter dem die Airlines stehen, wird neue Analyse- beziehungsweise Prüfverfahren hervorbringen. Diese werden dabei helfen, dass Triebwerke künftig noch länger am Flügel bleiben können und sich viele Arbeiten während der normalen Standzeiten direkt am Flughafen durchführen lassen.“ Die Triebwerks-OEMs richten sich bereits auf diesen Wandel ein, sagt Koppers: „Die Vermeidung von Maintenancekosten wird schon in die Triebwerksentwicklung miteinbezogen, etwa

durch modularen Aufbau, um Reparaturen zu vereinfachen, weil man ganze Einheiten austauschen kann.“

„In Zukunft werden auch virtuelle Techniken helfen, Kosten und Zeit zu sparen“, prognostiziert Sizmann. „Zurzeit wird zum Beispiel erforscht, welches Potenzial in der Big-Data-Analyse liegt. Kostenvorteile könnten sich dadurch ergeben, dass sich in Zukunft mit Hilfe eines tief integrierten Sensornetzwerks der Zustand eines Triebwerks während des normalen Betriebs immer besser erfassen und auswerten lassen wird, ohne dass es ausgebaut und zerlegt werden muss. Interessant sind auch die Möglichkeiten der ‚Augmented Reality‘, der computergestützten Erweiterung der Realitätswahrnehmung.“

Die Überlagerung von computergenerierten Zusatzinformationen in Datenbrillen oder Displays kommt in vielen Bereichen von Konstruktion, Montage und Instandhaltung bereits zur ersten Anwendung und hat ihr Potenzial noch nicht ausgeschöpft.“ Vielversprechend sei zudem die additive Fertigung mit für die Luftfahrt zertifizierten 3D-Druckern, mit deren Hilfe sich Ersatzbauteile vor Ort, ohne aufwändige Lagerhaltung oder Logistik fertigen ließen.

Noch ist vieles davon Zukunftsmusik. Aber wer weiß: Vielleicht werden Instandhaltung, Reparatur und Überholung von Triebwerken eines Tages wirklich so einfach, flexibel und schnell, dass sie sich an jedem Flughafen durchführen lassen. 

## Fly-by-hour-Agreement oder Time-and-Material-Agreement?



Shop Visits sind teuer. Instandhaltung und Reparatur der Triebwerke stellen einen großen Kostenfaktor für die Airlines dar. Maintenance-Unternehmen bieten daher verschiedene Servicemodelle an, die dem Kunden helfen, die Kosten überschaubar zu halten.

### Fly-by-hour-Agreement

Bei den klassischen Fly-by-hour-Angeboten bezahlen Kunden vom ersten Tag an einen Fixpreis für jede Flugstunde, dafür bekommen sie einen umfassenden Service – Ausbau, Instandsetzung und Einbau des Triebwerks, Bereitstellung eines Ersatztriebwerks, damit die Maschine weiterfliegen kann. Diese Flatrates sind vor allem bei den Betreibern neu entwickelter Flugzeuge und Triebwerke beliebt, denn sie decken außerplanmäßige Shop Visits und den Austausch von Teilen, so genannte Early-Removals, ab. Fly-by-hour-Pakete bieten die OEMs – Rolls-Royce, GE Aviation oder Pratt & Whitney – an und lassen dann die Arbeiten in ihren Netzwerk-Shops abwickeln. Auch Independent MRO-Provider wie MTU Maintenance offerieren Fly-by-hour-Verträge.

### Time-and-Material-Agreement

Eine Alternative, die vor allem von Airlines mit älteren Flugzeugflotten genutzt wird, sind Time-and-Material-Agreements. Sie garantieren einen vertraglich vereinbarten Höchstpreis für Wartungsarbeiten. Arbeitszeit und Material sind inklusive. Traditionell bieten diese Verträge vor allem Independent-MRO-Shops an, die nicht darauf angewiesen sind, teure Originalbauteile zu verwenden. Mittlerweile können Kunden aber auch Vereinbarungen mit OEMs treffen, die mit externen Anbietern kooperieren.



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:

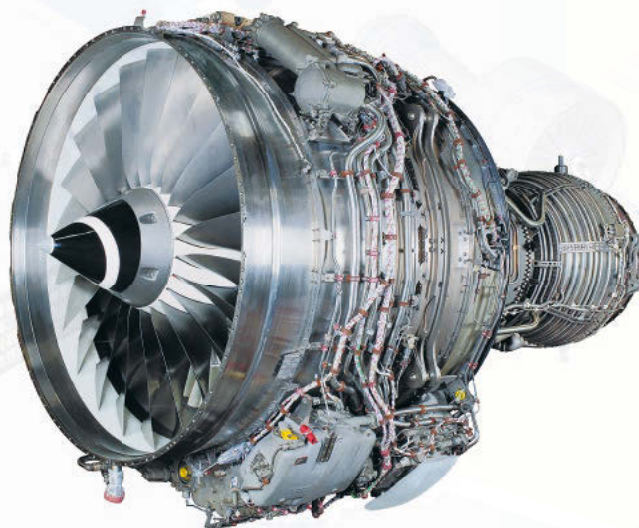
**Monika Weiner** arbeitet seit 1985 als Wissenschaftsjournalistin. Die Diplomgeologin interessiert sich vor allem für neue Entwicklungen in Forschung und Technik sowie deren gesellschaftliche Auswirkungen.

# MRO-Tagebuch eines Triebwerks

*Der „Lebenslauf“ eines V2500 aus Sicht der Instandhaltung.*

**Autorin:** Monika Weiner

**Grafik:** Peter Diehl



Die V2500-Triebwerksfamilie ist seit fast 30 Jahren im Flugbetrieb und eignet sich daher besonders gut, um den „Instandhaltungs-Lebenslauf eines Triebwerks“ zu zeigen. Denn während die älteste Variante -A1 das Ende ihrer Servicezeit schon fast erreicht hat, ist die V2500-A5-Flotte, die am meisten verbreitete Variante, mit einem Durchschnittsalter von knapp über acht Jahren noch relativ jung: Der erste volle Shop Visit steht noch an oder hat gerade erst stattgefunden.

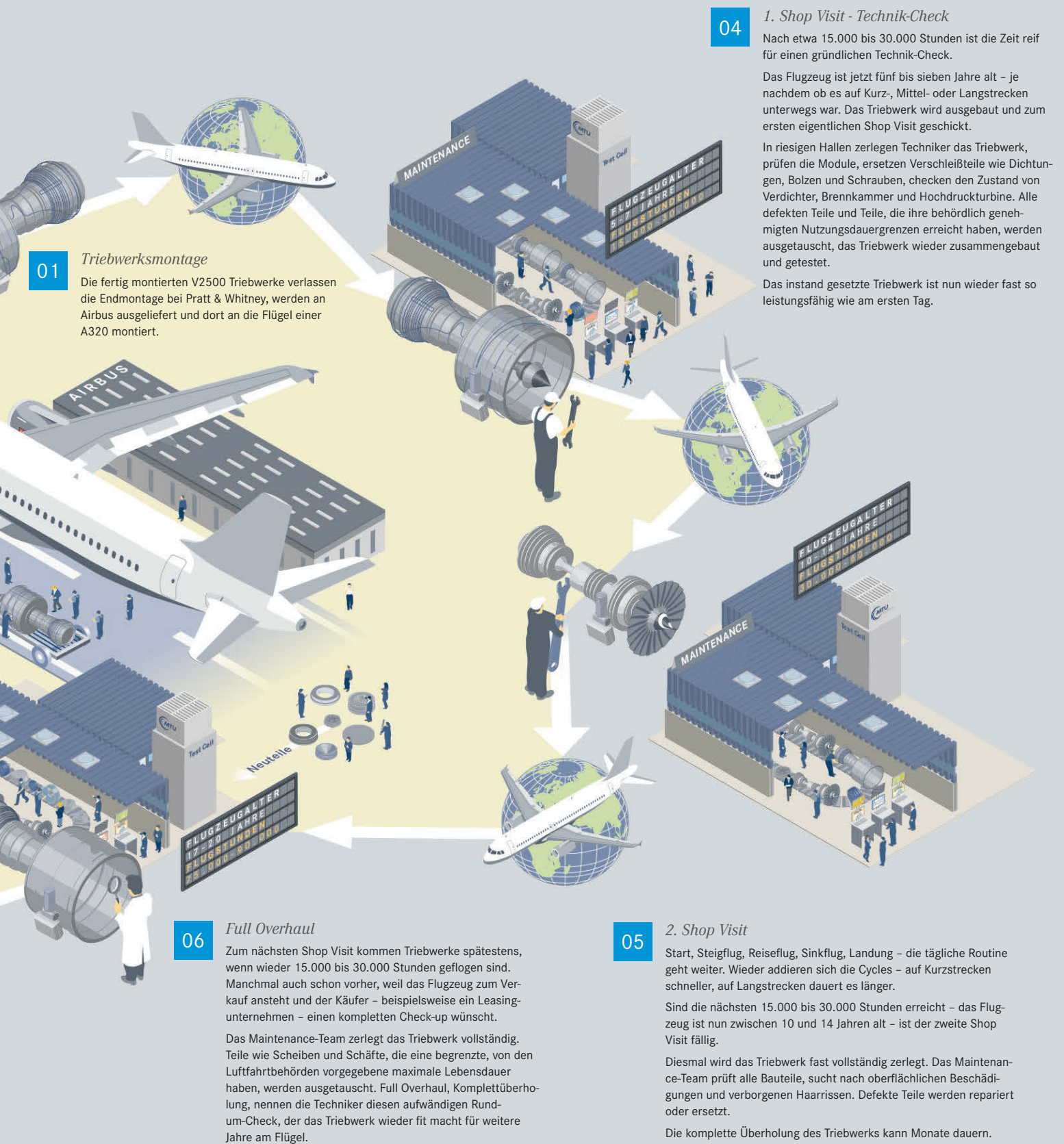
Etwa alle 15.000 bis 30.000 Flugstunden wird das Triebwerk gründlich untersucht und überholt. Dabei müssen bestimmte Teile aufgrund gesetzlicher Vorgaben komplett ausgetauscht werden; andere werden aufwändig untersucht und repariert. In jedem Fall geht es darum, die strengen Sicherheitsbestimmungen für Flugantriebe jederzeit zu gewährleisten und die Leistungsfähigkeit des Triebwerks wieder herzustellen. Je älter das Triebwerk wird, desto größer ist die Reparaturtiefe, also der Grad, bis zu dem es beim Shop Visit zerlegt, befundet, repariert und wieder aufgebaut wird. Am Ende seines „Lebenslaufs“ können Eigner und Instandhalter gemeinsam entscheiden, wie sein Wert weiter erhalten bleiben kann.



## V2500

*Rund 96 Prozent der aktiven V2500-Flotte gehören zur Variante -A5, die die Flugzeuge der Airbus A320-Familie antreibt; der Rest teilt sich auf die Varianten -D5 (Boeing MD-90) und -E5 (Embraer KC-390) auf. 2014 gab es weltweit rund 760 V2500-Shop Visits, 2016 etwa 800, und für 2019 erwartet das Branchenmagazin Aviation Week bis zu 1.200 Shop Visits.*





02

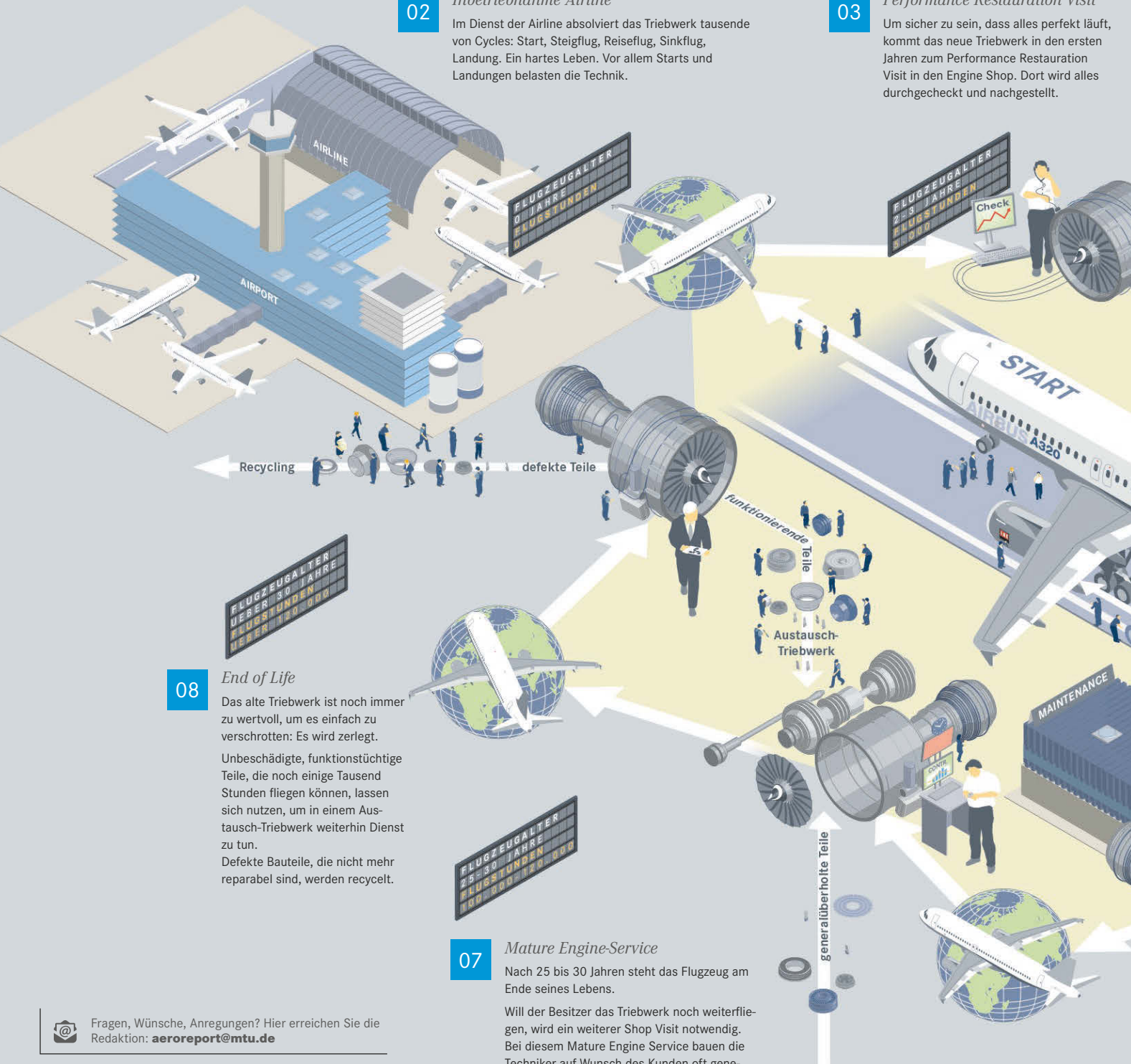
*Inbetriebnahme Airline*

Im Dienst der Airline absolviert das Triebwerk tausende von Cycles: Start, Steigflug, Reiseflug, Sinkflug, Landung. Ein hartes Leben. Vor allem Starts und Landungen belasten die Technik.

03

*Performance Restauration Visit*

Um sicher zu sein, dass alles perfekt läuft, kommt das neue Triebwerk in den ersten Jahren zum Performance Restoration Visit in den Engine Shop. Dort wird alles durchgecheckt und nachgestellt.



08

*End of Life*

Das alte Triebwerk ist noch immer zu wertvoll, um es einfach zu verschrotten: Es wird zerlegt. Unbeschädigte, funktionstüchtige Teile, die noch einige Tausend Stunden fliegen können, lassen sich nutzen, um in einem Austausch-Triebwerk weiterhin Dienst zu tun. Defekte Bauteile, die nicht mehr reparabel sind, werden recycelt.

07

*Mature Engine-Service*

Nach 25 bis 30 Jahren steht das Flugzeug am Ende seines Lebens.

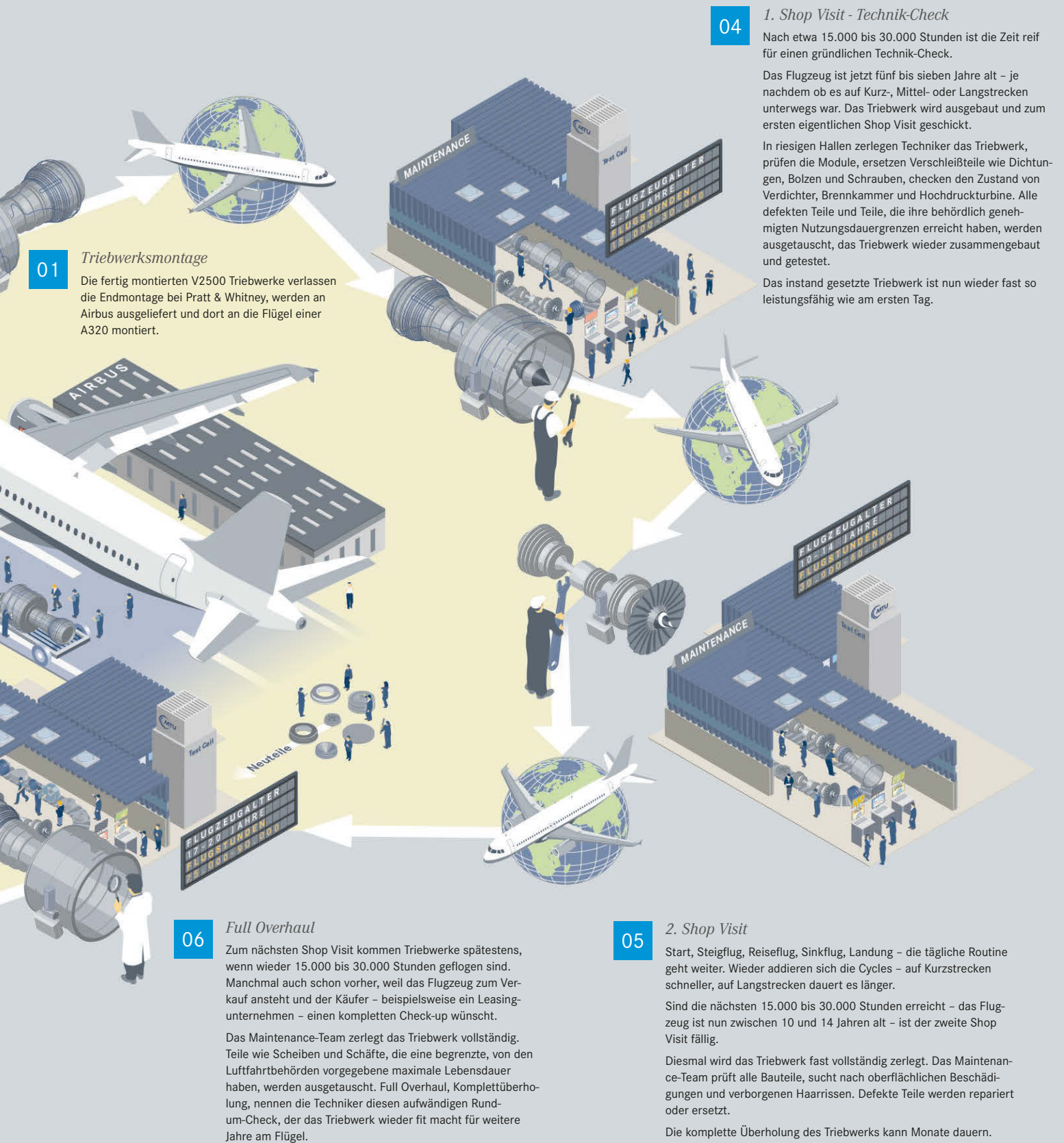
Will der Besitzer das Triebwerk noch weiterfliegen, wird ein weiterer Shop Visit notwendig. Bei diesem Mature Engine Service bauen die Techniker auf Wunsch des Kunden oft generalüberholte gebrauchte Teile ein, die erheblich günstiger sind.

Oder sie tauschen ein Modul aus gegen ein altes, aber komplett überholtes, das noch eine begrenzte Flugzeit hat.

Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion: [aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)

Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

Autorin: **Monika Weiner** arbeitet seit 1985 als Wissenschaftsjournalistin. Die Diplomgeologin interessiert sich vor allem für neue Entwicklungen in Forschung und Technik sowie deren gesellschaftliche Auswirkungen.





**Moderner Service vor allem  
für Geschäftsreisende** \_\_\_\_\_

*Eine Embraer E190LR von  
AeroMexico Connect am  
Flughafen von Mexiko-Stadt.*



# Viva la Evolución

*AeroMexico ist Branchenprimus in Lateinamerikas zweitgrößter Volkswirtschaft. Ebenso wie Mexiko selbst hat sich der 2007 privatisierte, einzige Full-Service-Carrier des Landes erfolgreich auf den Weg der Modernisierung gemacht.*

**Autor:** Philipp Bruhns



**Vor allem Geschäftsreisende schätzen die guten Verbindungen und den umfassenden Service von AeroMexico. Gemeinsam mit US-Schwergewicht Delta entsteht zudem gerade ein richtungsweisendes, grenzübergreifendes Airline-Joint Venture.**

Zum letzten Jahreswechsel dürften die Korke sowohl in Mexiko-Stadt als auch in Atlanta etwas lauter geknallt haben. Kurz vor Weihnachten haben AeroMexico und Delta Air Lines den letzten wettbewerbsrechtlichen Anforderungen für ihren geplanten Zusammenschluss im Rahmen eines sogenannten „Joint Cooperation Agreements“ zugestimmt. Damit ist der Weg frei für das Joint Venture, mit dem die beiden Partner seit April 2017 ihre Kräfte noch enger bündeln wollen. Im Laufe des Jahres wird Delta seinen Anteil an Mexikos führender Airline auf bis zu 49 Prozent erhöhen. Für AeroMexicos CEO Andrés Conesa, der mit seinem Team die letzten Jahre beharrlich auf die Allianz zwischen den langjährigen Codesharing-Partnern hingearbeitet hat, markiert die Einigung vor Jahresfrist „den Beginn einer neuen Ära in der nordamerikanischen

Luftfahrt“, bei dem ein gemeinsames Netzwerk den Kunden beider Airlines künftig noch mehr Optionen bei Verbindungen, Produkten und Services bieten soll. Es ist übrigens nicht das erste Joint Venture zwischen Delta und AeroMexico: Bereits seit 2014 betreiben die beiden Partner gemeinsam ein Maintenance-Werk im mexikanischen Querétaro.

### Global im Kommen

Der Zusammenschluss mit Delta zeigt auch, wie viel die Airline mit dem aztekischen Adlerkrieger „Cauachtli“ im Logo auf dem Weg zum selbstgesteckten Ziel – in puncto Qualität und Leistungsfähigkeit in der Weltspitze anzukommen – bereits erreicht hat. Wer heute bei der 1934 gegründeten, über fast 50 Jahre hinweg staatlich geführten und erst seit 2007 wieder privatisierten AeroMexico nach typisch mexikanischen Klischees sucht, wird kaum fündig werden. Nun ja, zumindest wenn er den Weg zum Flughafen in der 20-Millionen-Metropolregion Mexiko-Stadt hinter sich gebracht hat, denn der kann schon einmal zwei Stunden dauern. Eine moderne Flotte, pünktlicher und freundlicher



### Zukunftsvision

*2020 soll der neue Flughafen mit einem Terminal von Stararchitekt Norman Foster in Mexiko-Stadt eröffnet werden.*



**Gute Verbindung** — Embraer E190AR von AeroMexico Connect am Flughafen Mexiko-Stadt.

Service, Internetzugang und viel Onboard-Entertainment stehen für das moderne „Corporate Mexico“ und orientieren sich klar am nordamerikanischen Standard. Qualität, Komfort und gute Verbindungen sind die Faktoren, auf die es bei den Geschäftsreisenden, mit denen AeroMexico fast 80 Prozent seiner Gewinne erzielt, am meisten ankommt. Der hohe Geschäftsflieger-Anteil überrascht kaum, wenn man bedenkt, dass das zweitgrößte und mit rund 120 Millionen Einwohnern zweitbevölkerungsreichste Land Lateinamerikas, trotz aller Herausforderungen, längst zum Global Player geworden ist. Die Wirtschaft der G20-Nation wächst weiterhin beständig, wenn auch nicht mehr mit den beeindruckenden Raten der Vergangenheit. Weitere Wirtschaftsreformen sollen dafür sorgen, dass das Land künftig unabhängiger von der Automobilproduktion und Erdölförderung wird. AeroMexico bedient als einzige Gesellschaft des Landes Langstreckenziele zu den Handelspartnern in Asien, Europa und Südamerika. Mit der bereits begonnenen Umstellung der Widebody-Flotte von Boeing 767 und 777 auf die Dreamliner-Versionen 787-8 und -9 werden nicht nur Effizienz und Komfort gesteigert, sondern durch längere Reichweiten auch Potenzial für den interkontinentalen Streckenausbau geschaffen. Die Mittelstrecken-Flotte im wichtigen U.S.- und Mittelamerika-Geschäft wird ab 2018 mit ähnlicher Zielsetzung mit der 737-MAX runderneuert.

Diese Investitionen sind auch im Hinblick auf eine weitere Zukunftsentscheidung interessant: Der Flughafen-Neubau in Mexiko-Stadt soll die geografisch günstig zwischen Nord- und Südhalbkugel sowie Atlantik und Pazifik gelegene Mega-City zum führenden globalen Hub in Lateinamerika machen. 2020 soll der erste Abschnitt mit drei Start- und Landebahnen und einem von Stararchitekt Norman Foster entworfenen Terminalgebäude in Betrieb gehen.

#### MEXIKO ZAHLEN & FAKTEN



**Amtliche Bezeichnung:** Vereinigte mexikanische Staaten  
(Estados Unidos Mexicanos)

**Amtssprache:** Spanisch, daneben 68 indigene Sprachen

**Hauptstadt:** Mexiko-Stadt, historisch Mexico-Tenochtitlan, gegründet 1325. Gut 8,8 Millionen Einwohner, mit Metropolregion rund 20 Millionen und damit drittbevölkerungsreichste Stadt der Welt.



**Fünftgrößtes** Land auf dem amerikanischen Doppelkontinent.

**Rund 2 Mio. km<sup>2</sup>** Fläche, mehr als 3.000 km lang und 200 bis 2.000 km breit.

**120 Mio.**

Einwohner, Bevölkerungsdichte 62 Einwohner pro Quadratkilometer.

Rund **1,082 Billionen**

US-Dollar (2015) Bruttoinlandsprodukt, pro Kopf **8.698,59** US-Dollar



**Im Zeichen des Adlerkriegers** — Der stilisierte Kopf eines aztekischen Elitesoldaten ziert die Heckflossen der Flugzeugflotte von AeroMexico. Er ist das einzige, was heute noch an die Traditionen des mittelamerikanischen G20-Landes erinnert. Die Airline gehört inzwischen zu 49 Prozent der US-amerikanischen Delta Air Lines und ist mit modernen Maschinen auf Expansionskurs.

### Starke regionale Präsenz

Doch auch ins mexikanische Inlandsgeschäft ist in den vergangenen Jahren viel Bewegung gekommen. Als Folge der kontinuierlichen wirtschaftlichen Entwicklung wächst die mexikanische Mittelklasse und die verfügbaren Einkommen steigen stetig. Immer mehr Mexikaner nutzen nun auch für private Reisen das Flugzeug. Vor allem der Low-Cost-Markt in Mexiko floriert deshalb. Besonders auf den vielfrequentierten Strecken zwischen der Hauptstadt und Metropolen wie Tijuana, Monterrey und Guadalajara oder dem Tourismuszentrum Cancún herrscht starker Wettbewerb. AeroMexico, die unter anderem alle Städte des Landes mit 500.000 oder mehr Einwohnern anfliegt, ist auf diesen Strecken ebenfalls vertreten. Eine eigene Low-Cost-Airline, so bekräftigte AeroMexico-CEO Conesa im vergangenen Sommer, solle jedoch vorerst nicht kommen, denn AeroMexico beginne schon heute im klassischen Geschäft von diesen neu erschlossenen Zielgruppen zu profitieren. Im Inland und auf Flügen in die Nachbarstaaten hat die Airline zudem noch einen weiteren Trumpf in der Hand: Mit der Regionaltochter Aerolitoral, die unter dem Namen „AeroMexico Connect“ mit 65 kleineren Embraer-Regionaljets Ziele im Inland wie im angrenzenden Ausland anfliegt,

können auch Strecken mit geringerem Passagieraufkommen von AeroMexico profitabel bedient werden. Auch bei AeroMexico Connect wird die ohnehin junge Flotte weiter modernisiert und die 50-Sitzer des Typs ERJ145 durch die größeren und neueren E190 in einer Konfiguration mit Business-Class ersetzt. Mit an Bord ist dabei die MTU Maintenance, die seit 2011 exklusiv die am Flügel der E190 zum Einsatz kommenden CF34-10E-Triebwerke betreut (siehe Inside MTU).

### Aussichten: In jedem Fall spannend

Die Weichen für die Zukunft scheinen für AeroMexico in die richtige Richtung gestellt. Und: Das Land ist nach wie vor ein schlafender Luftverkehrsriese, wie ein Vergleich mit zwei Nachbarn zeigt: So ist etwa die Wirtschaftskraft pro Kopf in Mexiko mittlerweile sogar leicht höher als beim langjährigen Lateinamerika-Primus Brasilien. Trotzdem fliegen Mexikaner mittleren Einkommens im Schnitt noch rund 25 Prozent seltener. Um zu den US-Amerikanern aufzuschließen wäre gar eine Verdreifachung der Flugfrequenz notwendig. Dass die Fundamentaldaten stimmen, bestätigt auch Silvan Brandt, der die Marktentwicklung als Director Sales für die Region bei der MTU Maintenance genau





beobachtet. „Auch wenn sich in diesen Tagen, nach dem US-Regierungswechsel, viele Blicke gespannt nach Washington richten, hat sich an wesentlichen, grundsätzlichen Voraussetzungen nur wenig geändert.“ Für ihn bleibe Mexiko ein Markt mit enormem Potenzial. Das gelte ebenso für viele weitere Länder in der Region, in der die MTU Maintenance stark vertreten sei. ✈️



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

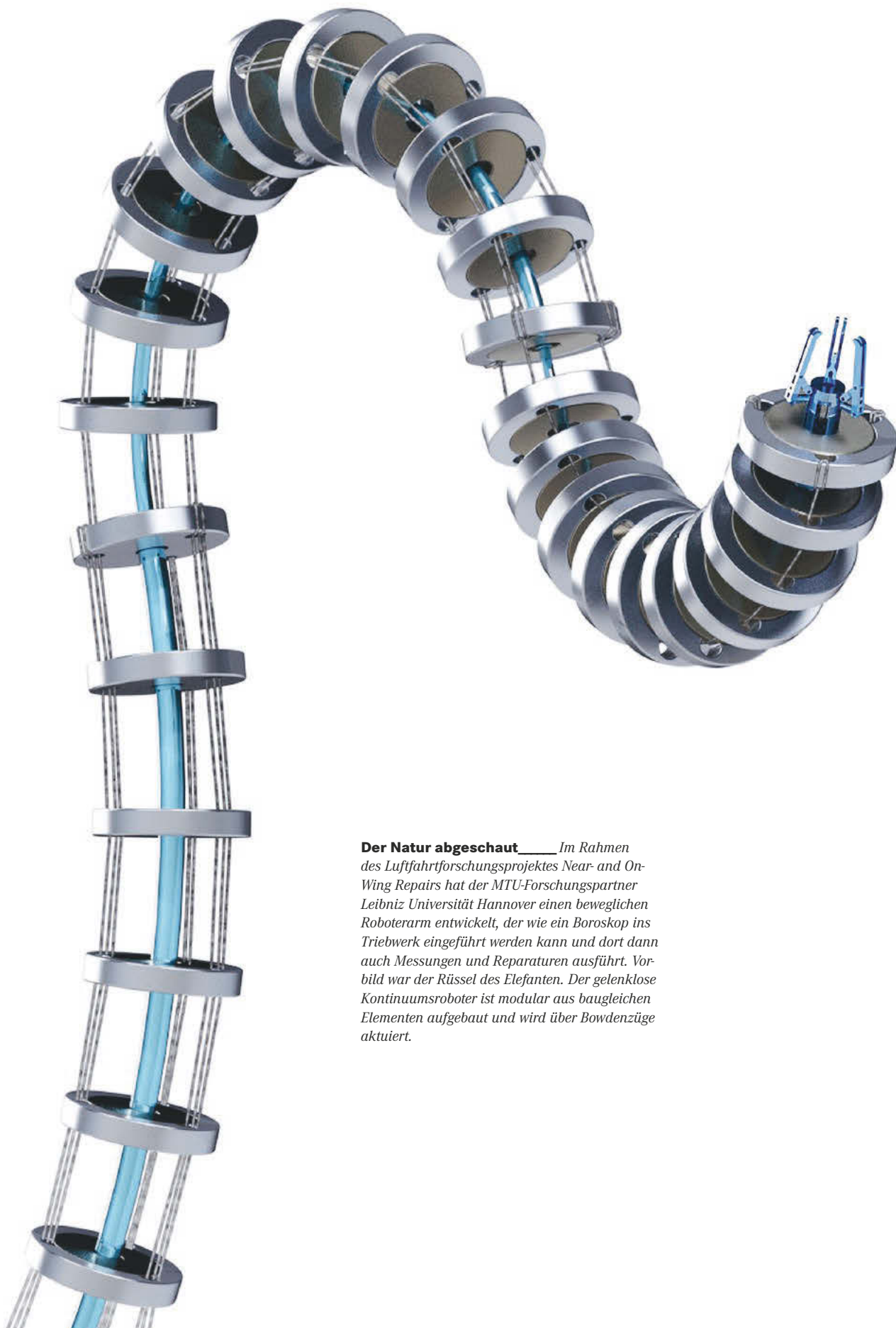


Autor:  
**Dr. Philipp Bruhns** ist seit mehr als 15 Jahren im Bereich Unternehmenskommunikation tätig, seit 2008 selbständig. Als Autor hat sich der in Dänemark lebende, promovierte Psycholinguist auf Maintenance-Themen sowie Gesundheit und Soziales spezialisiert.

### Inside MTU — Maintenance-Kooperation

Seit 2011 ist die AeroMexico-Gruppe der größte exklusive Kunde der MTU Maintenance bei der Instandhaltung der Triebwerke für den brasilianischen Regionaljet-Bestseller E190/195. Insgesamt 64 CF34-10E des Herstellers GE Aviation werden aktuell von der MTU Maintenance Berlin-Brandenburg für AeroMexico Connect bis mindestens 2022 betreut.

Die Regionaltochter des mexikanischen Marktführers ist einer der größten Betreiber dieses Triebwerkstyps in Lateinamerika. Für die MTU als weltweit erster unabhängiger Instandhalter dieses noch recht jungen Triebwerkstyps war die Partnerschaft mit AeroMexico ein wichtiger Türöffner in der Region, wie der Leiter Programs and Sales des MTU Maintenance-Standortes in Ludwigsfelde, Thomas Needham, erklärt: „Die Embraer-Jets sind zwar ein weltweiter Verkaufsschlager, haben aber in Lateinamerika, wo sie hergestellt werden, einen besonders hohen Marktanteil. Das Vertrauen einer der führenden Airlines Lateinamerikas mit einer derart großen Flotte macht uns sehr stolz.“



**Der Natur abgeschaut** — Im Rahmen des Luftfahrtforschungsprojektes Near- and On-Wing Repairs hat der MTU-Forschungspartner Leibniz Universität Hannover einen beweglichen Roboterarm entwickelt, der wie ein Boroskop ins Triebwerk eingeführt werden kann und dort dann auch Messungen und Reparaturen ausführt. Vorbild war der Rüssel des Elefanten. Der gelenklose Kontinuumsroboter ist modular aus baugleichen Elementen aufgebaut und wird über Bowdenzüge aktuiert.

# Gemeinsam forschen in der Königsdisziplin

*Das Kompetenzzentrum MRO  
an der Leibniz Universität Hannover.*

**Autorin:** *Silke Hansen*

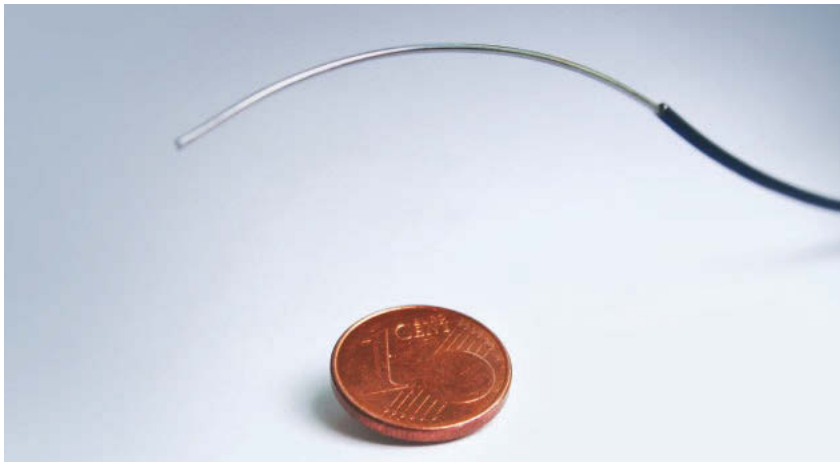
Wie eine dünne Schlange oder ein langer Regenwurm schlängelt sich der Roboter äußerst geschickt durch das Triebwerk – von vorne zwischen den Fanschaufeln hindurch, dann immer tiefer in das Innenleben des Motors hinein. Ist das die Zukunft der Triebwerksreparatur?

So sehen es zumindest die Wissenschaftler an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Sie forschen im Kompetenzzentrum für Turbine und MRO (Maintenance, Repair & Overhaul), einer gemeinsamen Wissenschaftsschmiede mit der MTU Aero Engines, an dieser völlig neuen Methode. Der Miniatur-Roboter hat bionische Strukturen, die Prof. Dr.-Ing. Jessica Burgner-Kahrs der Natur abschaut. Als Vorbilder dienen Elefantenrüssel, Schlan-

gen oder Tentakeln. Kontinuumsroboter heißen die kleinen Helfer im Fachjargon, da sie ganz ohne Gelenke auskommen. Sie könnten minimalinvasive chirurgische Eingriffe in der Medizin verbessern, bieten aber auch ganz neue Möglichkeiten in der Triebwerksinstandsetzung bei Befundungen oder Reparaturen.

Dr. Bertram Kopperger, Leiter Technologiemanagement Fertigung und MRO bei der MTU, betreut das Vorhaben: „Im Gegensatz zu den starren Boroskopen ist der ‚Roboter‘ viel flexibler.“ Bei der herkömmlichen Boroskopie kommt man nur an bestimmten Stellen von der Seite ins Triebwerk, die Öffnungen sind zudem nicht besonders groß. Die Wissenschaftler der Universität Hannover

wollen bis 2020 einen Roboter der ersten Generation entwickeln, der stabil genug ist; die MTU-Experten arbeiten derweil parallel an drei verschiedenen Werkzeugaufsätzen, um zum Beispiel Schaufeln zu polieren oder Beschichtungen auszubessern. Die MTU Maintenance stellt Module für Versuche zur Verfügung. „Das Projekt ist richtungsweisend“, sagt Kopperger. Fly-by-hour-Verträge, bei denen die Airline pro Flugstunde feste Instandhaltungsraten für das Triebwerk zahlt, nehmen in der Luftfahrt stark zu. Schnelle und flexible Reparaturlösungen gewinnen an Bedeutung. Der Roboter könnte seinen Job erledigen, während der Antrieb am Flügel hängt oder zumindest in der Nähe des Flugzeugs steht.



**Rekordverdächtig** \_\_\_\_\_ Der derzeit kleinste Kontinuumsroboter der Welt mit 0,8 bis 2,5 Millimetern Durchmesser kann mit winzigen Greifzangen oder einer Minikamera bestückt werden. Mehrere solcher Roboterarme können durch ein einzelnes Boroskopauge ins Triebwerk eingeführt werden.



**Reparatur ohne Abbau** \_\_\_\_\_ Der Roboterarm, hier im Größenvergleich mit einer 1-Cent-Münze, kann Schaufeln aller Triebwerksstufen erreichen und, je nach Instrumentierung, Messungen vornehmen, reinigen oder reparieren, ohne dass das Triebwerk abgebaut und zerlegt werden muss.

### Gemeinsame Forschung für die „Regeneration komplexer Investitionsgüter“

Das Vorhaben, das zu einem Sonderforschungsbereich (SFB) der Deutschen Forschungsgemeinschaft gehört, wird unter anderem mit gemeinsamen Fördergeldern finanziert. Im SFB mit der Nummer 871 geht es um die „Regeneration komplexer Investitionsgüter“. „In enger Kooperation arbeiten verschiedene Institute der Universität Hannover und der TU Braunschweig interdisziplinär zusammen, das

heißt, gleich mehrere Lehrstühle bringen ihre Expertise ein“, erklärt Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume, Leiter des Instituts für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik (TFD) an der Universität Hannover. Sein Institut arbeitet federführend in diesem Sonderforschungsbereich und ist seit rund 20 Jahren Hochschulpartner der MTU, seit 2008 im Kompetenzzentrum für Turbine und MRO. In München schätzen sie das hohe Maß an fachlicher Qualität auf dem Gebiet der Strömungsmaschinen in Hannover. Die Nähe zum Hauptsitz der MTU Maintenan-



### Leibniz Universität Hannover

An der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (auch Leibniz Universität Hannover oder Uni Hannover) sind heute mehr als 25.000 Studierende in den Natur- und Ingenieurwissenschaften, den Geistes- und Sozialwissenschaften sowie den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften eingeschrieben. Rund 90 Studienfächer stehen zur Auswahl, wobei die naturwissenschaftlichen Fakultäten eindeutig den Schwerpunkt bilden. Gegründet wurde die Hochschule 1831. Einen Wachstumsschub bekam die Universität in den 1970er Jahren durch die dringend notwendige Ausbildung von Lehrern.

Die Leibniz Universität Hannover ist Mitglied der „TU9 German Institutes of Technology“ e. V., eines Zusammenschlusses von neun führenden technischen Hochschulen Deutschlands.

ce am Flughafen Hannover war ein weiterer Grund, das Kompetenzzentrum (Center of Competence, kurz CoC) für Turbine und MRO hier anzusiedeln.

Aber auch wichtige Turbinen-Grundlagenforschungen übernehmen die Wissenschaftler. Eine Stärke ist ihre thematische Bandbreite mit den Fachdisziplinen Aerodynamik, Aeroakustik, Aeroelastik und numerische Methoden zur Berechnung und Simulation. Darüber hinaus gäbe es innerhalb der Maschinenbauakultät



**Im Labor** ——— Studenten der Leibniz Universität Hannover entwickeln in Partnerschaft mit der MTU Technologien für die Triebwerksinstandsetzung.

eine enge Zusammenarbeit der Institute für Fertigung und Turbomaschinen in der Forschung, so Seume.

Auch die technische Ausstattung kann sich sehen lassen: Allein am TFD stehen drei Prüfstände für Versuche zur Verfügung, davon eine ganz neue Turbinentestzelle. MTU, Siemens, MAN oder Volkswagen greifen auf das wissenschaftliche Know-how zurück. Die Zusammenarbeit mit der MTU sei sehr intensiv und produktiv, berichtet ein Wissenschaftler. Aktuell hat der Triebwerksbauer sechs laufende Projekte am Kompetenzzentrum platziert, sechs weitere sind für 2017 und 2018 noch in Planung.

### Von der Höheren Gewerbeschule zum TU9-Mitglied

1831 wurde die heutige Universität als Höhere Gewerbeschule gegründet, mit 64 Schülern in 14 Fächern – darunter von Beginn an Maschinenbau. Heute ist die

*„Wir arbeiten mit der MTU an Cutting-Edge-Technologien, also an vorderster Front zusammen.“*

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume,**  
Leiter für Turbomaschinen und  
Fluid-Dynamik an der Universität Hannover

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover Mitglied der TU9, einem Zusammenschluss führender deutscher technischer Hochschulen. Sie ist ebenso wie fünf weitere Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland sowie das Cluster Werkstoffe und Strukturmechanik Partner der MTU, die mit ihnen gemeinsame Kompetenzzentren gegründet hat. „Auf diese Weise befähigen wir ausgewählte Universitäten und Forschungseinrichtungen für un-

sere Bedarfe und Anforderungen“, erklärt Kopperger. „Das sichert die Innovationsfähigkeit der MTU, stärkt die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie und hilft uns, akademischen Nachwuchs für das Unternehmen zu gewinnen.“

Das ist aber keineswegs als Einbahnstraße zu verstehen. „Wir befruchten uns gegenseitig und können voneinander lernen“, schätzt Seume die Zusammenarbeit. Es gebe zahlreiche Transfereffekte. „Wir arbeiten mit der MTU an Cutting-Edge-Technologien, also an vorderster Front zusammen.“ Und schließlich ist ein Flugzeugantrieb für Ingenieure des Maschinenbaus die Königsdisziplin: Er ist heiß, stark belastet und schwingt. Komplexe Methoden müssen entwickelt und langfristige Lösungen gefunden werden. Oder wie es ein Wissenschaftler an der Maschinenbau-Fakultät in Hannover formuliert: „Da steckt viel Gehirnschmalz drin.“ ✈️



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autorin:

**Silke Hansen** schreibt als freie Journalistin für den AEROREPORT. Seit über zehn Jahren berichtet sie aus der Welt der Luftfahrt, ihre Themenschwerpunkte sind Technik, Innovation und Markt. Ein weiteres Spezialgebiet der Autorin ist das Corporate Responsibility Reporting.

# Die Brückenbauerin

*Drei Leidenschaften hat Anita VanBarneveld: Sie ist begeisterte Ingenieurin, enthusiastische Sportlerin und herzlicher Familienmensch. Die 42-jährige Kanadierin zeigt, dass das alles kein Widerspruch sein muss.*

**Autor:** Thorsten Rienth



Höchstens zehn Sekunden hat Anita VanBarneveld Zeit, die 175 Gramm leichte Kunststoffscheibe weiterzupassen. Laufen darf sie nicht, nur der Sternschritt ist erlaubt. Vergleichbar mit dem „Ei“ beim American Football darf die Flugscheibe nur durch geschicktes Zuwerfen in die gegnerische Endzone an den Spielfeldenden befördert werden. Bis in die deutsche Nationalmannschaft hat es die 42-Jährige im Ultimate Frisbee gebracht.

Dass die Wahl-Münchenerin eine Randsportart wie Frisbee betreibt, passt zur Biografie. Klassische Lebensentwürfe waren ihr Ding jedenfalls noch nie. Als eine von ganz wenigen Frauen studierte sie in Ottawa Luft- und Raumfahrttechnik. Nach ein paar Jahren in der kanadischen Luftfahrtbranche wird ihr sogar das große Kanada zu klein. Bei Fairchild Dornier in Oberpfaffenhofen gibt es Jobs. Den kleinen Ort im Südwesten von München muss VanBarneveld erst einmal auf der Landkarte suchen. „Mein Freund und ich dachten uns: Das ist attraktiv, da gehen wir jetzt mal so für zwei Jahre hin.“



Daraus wurden bislang 15. Trotz – oder gerade weil – Fairchild Dornier im Jahr 2002 Insolvenz anmelden musste.

## **Vom Flugzeug zum Antrieb in 20 Kilometern Luftlinie**

Von einer Bekannten, die zu dieser Zeit bei der MTU Aero Engines arbeitet, hört VanBarneveld, dass jemand mit ausgerechnet ihrem Anforderungsprofil gesucht wird. Luftlinie sind es gerade einmal 20 Kilometer von Oberpfaffenhofen zur MTU im Münchner Nordwesten – „optimal“. Wenig später berechnet die Kanadierin bei der MTU Festigkeiten von Laufschaufeln für Businessjet-Triebwerke. Noch etwas fügt sich optimal: „Die Engines stellt die MTU in Zusammenarbeit mit Pratt & Whitney Canada her – da kannte ich mich aus.“

Danach geht es ans andere Ende auf der Größenskala. Beim Airbus A380-Antrieb GP7000 entwickelt sie die Niederdruckturbine mit. Als das Triebwerk in der Luft ist, wechselt sie als Teamleiterin ins Modulteam, das die GENx-Turbinenzwischengehäuse für den „Dre-



amliner“ und die 747-8 konstruiert. Danach folgt der aktuelle Job, die Niederdruckturbinen-Modulteamleitung bei der PW800-Familie. Es ist der Moment, an dem sich ein Kreis schließt: Das PW800 ist der Nachfolger genau jener Businessjet-Anwendungen, für die VanBarneveld einst Schauffestigkeiten kalkulierte.

### Standortfaktoren Alpen und Turbienchen

Bei Fairchild Dornier war Englisch die Unternehmenssprache. Das hatte Vorteile, aber eben auch Nachteile. „Auf Deutsch konnte ich damals jedenfalls nicht viel mehr sagen als: ‚Ein Bier bitte!‘“ Nachdem sich mit dem Schritt zur MTU eine Rückkehr nach Kanada erst einmal erübrigt hatte, ist VanBarneveld konsequent: während der Arbeitszeit soll nur Deutsch gesprochen werden. Der Anfang ist, wie so oft, hart. Denn die Kollegen halten sich an die Abmachung. Doch die Nachfragen werden immer weniger. Inzwischen ist es mit der Sprache so, wie mit einer guten Hose: sie sitzt.

Dass das Leben der VanBarnevels in München überhaupt so laufen konnte, wie es lief, liegt mit am Umfeld. Da ist einmal ein klassischer weicher Standortfaktor: die Alpen vor der Haustüre. „Am Wochenende Klettern, Wandern oder Fahrradfahren – da sind wir sofort dabei.“ Inzwischen nicht mehr zu zweit, sondern zu viert mit zwei Söhnen, zwei und drei Jahre alt. „Ohne Vollzeitkoordination geht da natürlich überhaupt nichts.“ Härtere Faktoren werden da schnell wesentlich.

Das „Turbienchen“ zum Beispiel, eine Elterninitiative, die neben dem Münchner MTU-Hauptsitz eine Kindertagesstätte betreibt. Keine 50 Meter sind es von dort zum Haupteingang der Firma. Und das Maskottchen ist stilecht eine Biene im Turbinen-Kostüm.

„Solange es im Winter nicht eiskalt ist, stecke ich – zumindest zweimal die Woche – die Kids morgens in den Fahrradanhänger und wir kommen zusammen mit dem Rad zur Arbeit.“

### Alltag als Brücke

Der restliche Weg ins Büro geht durch die Dusche. Spurlos geht das 10-Kilometer-Workout mit Kinder-Gewichten auch an einer Sportlerin nicht vorbei. Bei Bedarf nimmt Papa VanBarneveld den Nachwuchs abends mit dem Auto wieder mit. Im Gegenzug kann Mama Anita länger in der Arbeit bleiben. „Vor 14 Uhr habe ich selten Termine mit Pratt & Whitney Canada.“ Bei den Kollegen in Kanada steht der Stundenzeiger sechs Stunden früher. Der Alltag ist deshalb immer auch eine Brücke. Zwischen Europa und Nordamerika. Zwischen Büro und Familie. Zwischen Freizeit und fest verplanter Zeit.

Nichts geht dabei ohne Chefs, die mitspielen. Einst bei der Frage, ob sie sich eine junge Kanadierin im Team vorstellen konnten. Nach der ersten Schwangerschaft, auf die bald die zweite folgte. „Da haben sie eine Möglichkeit gefunden, dass ich die vier Monate dazwischen arbeiten kann, um nah an den Themen dran bleiben zu können.“ Wo ein Wille, da ein Weg. „Schlussendlich ist das eine Frage der Mentalität. Die einfach stimmt.“

Das nächste Mal werden die Karten in drei, vier Jahren neu gemischt. Dann ist der Älteste sechs und kommt in die Schule. Was die Familienorganisation angeht, wird es kaum leichter. Positives kann die Ingenieurin dem Schritt dennoch abgewinnen. „Dann schaue ich ihm über die Schulter und lerne endlich mal richtig gut die deutsche Grammatik.“



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autor:  
**Thorsten Rienth** schreibt als freier Journalist für den AEROREPORT. Seine technikkjournalistischen Schwerpunkte liegen neben der Luft- und Raumfahrtbranche im Bahnverkehr und dem Transportwesen.





# „Wir brauchen starke Partnerschaften“

*IATA-CEO Alexandre de Juniac über neue Technologien, Politik in der zivilen Luftfahrt und die Rückkehr des Glamours.*

**Autor:** *Andreas Spaeth*



**Alexandre de Juniac** —

Director General und CEO der International Air Transport Association (IATA)

Seit September 2016 leitet der erfahrene Luftfahrtmanager Alexandre de Juniac, Jahrgang 1962, die International Air Transport Association (IATA), den Dachverband der zivilen Luftverkehrsgesellschaften. Von 2013 bis 2016 war er der Vorstandsvorsitzende von Air France-KLM sowie zuvor von Air France. Von 1995 bis 2009 bekleidete er verschiedene leitende Positionen im Luftfahrt- und Verteidigungskonzern Thales. 1988 bis 1995 und noch einmal von 2009 bis 2011 war er in der französischen Politik tätig, zuletzt als Kabinettschef von Wirtschaftsministerin Christine Lagarde. De Juniac ist Absolvent der École Polytechnique de Paris sowie der École Nationale de l'Administration. Er ist Ritter der Ehrenlegion und derzeit Präsident des Think Tanks „Le Club des Juristes“.

*„Wir brauchen sehr starke Partnerschaften mit Flugzeug- und Triebwerksherstellern sowie Systemlieferanten, um zu zeigen, dass solche neuen Technologien in neuen Flugzeugen funktionieren können.“*

**Herr de Juniac, die IATA hat den treibstofflosen Flug von Solar Impulse um die Welt unterstützt. Was lernen wir daraus über das Potenzial der Luftfahrt?**

**Alexandre de Juniac:** Das lehrt uns verschiedene Dinge. Zuerst sagt es uns, dass die Luftfahrt an vorderster Front steht bei Innovationen. Das war historisch gesehen schon immer der Fall. Wir bereiten den Weg für saubere Energien im Verkehrswesen und zum Erhalt unseres Planeten, indem wir andere Treibstoffe als fossile benutzen. Zweitens setzt es ein Zeichen der Hoffnung, dass die Menschheit Dinge besser machen kann. Und drittens haben Bertrand Piccard und André Borschberg gezeigt, dass Beharrlichkeit der absolut entscheidende Faktor beim Verfolgen einer Idee oder eines Traums ist. Bedenken Sie: Die beiden starteten dieses Projekt vor über zwölf Jahren.

**Welche Lehren ziehen Sie daraus für die Airline-Industrie?**

**de Juniac:** Das Projekt Solar Impulse zeigt, wie wir in dieser Branche innovativ sein müssen, vor allem um die Umwelt zu schützen und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Es zeigt, dass das Ziel erreichbar ist und wir es erreichen werden. Es macht uns optimistisch für das, was wir für die Umwelt tun innerhalb der IATA und in Kooperation mit der ICAO. Das ist sehr wichtig, denn das ist ein enormes Programm, das wir vor uns haben und für das wir alle wichtigen Beteiligten in dieser Industrie brauchen. Solargetriebene oder sogar voll elektrisch angetriebene, kommerzielle Verkehrsflugzeuge werden noch mal eine Herausforderung auf einem ganz anderen Niveau sein. Aber Solar Impulse zeigt, dass diese Branche ihre Zusagen und Zielvorgaben ernst nimmt und verfolgt.

### **Welche Arten von Partnern brauchen die Fluggesellschaften, um die von der IATA gesetzten Umweltziele zu erreichen?**

**de Juniac:** Wir brauchen sehr starke Partnerschaften mit Flugzeug- und Triebwerksherstellern sowie Systemlieferanten, um zu zeigen, dass solche neuen Technologien in neuen Flugzeugen funktionieren können. Und wir brauchen starke Partnerschaften mit Flughäfen, Regierungen und Flugsicherungs-Anbietern, um zu zeigen, dass wir das Fliegen am Himmel und am Boden ordentlich durchführen können. All das muss im Einklang stehen mit unserem Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduktion, etwa indem wir mehr direktere Flugstraßen und Anflüge nutzen oder auf dem Vorfeld „grünes Rollen“ praktizieren.

### **Können die Beziehungen zwischen Flugzeugbetreibern, den Airlines und den Triebwerksherstellern verbessert werden?**

**de Juniac:** Diese Beziehungen sind schon sehr gut, das ist eine multilaterale Partnerschaft. Sie kaufen ein Flugzeug und Triebwerke für mindestens 20 Jahre, sie bringen ein Flugzeug zwei oder drei Mal während seiner Lebensdauer auf den neuesten Stand, deshalb brauchen Sie eingespielte Beziehungen, etwa auch für die technische Unterstützung und die Modernisierung. In dieser Branche geht nichts ohne enge Beziehungen zwischen Lieferanten und den Airlines.

### **Wie können Triebwerkshersteller dazu beitragen, die Klimaziele der IATA zu erreichen?**

**de Juniac:** Wir verlangen eine Menge. Die heutigen Triebwerke sind hochgradig effizient im Verbrauch und bemerkenswert verlässlich. Trotzdem müssen sie künftig noch effizienter und zuverlässiger werden, um dabei zu helfen, unsere CO<sub>2</sub>-Ziele zu erreichen, mit größerer Nutzung von wiederverwendbarer Technologie. Lärm ist auch ein Punkt. Wir müssen weiterhin das Lärmniveau senken. Natürlich sind dabei schwierige Kompromisse nötig, was die Auswirkungen auf die Umwelt betrifft. Aber wie gesagt, dies ist eine innovative Industrie, und ich bin zuversichtlich, dass diese Herausforderungen angenommen werden.

### **Welches sind Ihre Prioritäten in Ihrem neuen Job an der Spitze der IATA, was sind gegenwärtig die größten Herausforderungen der Passagierluftfahrt?**

**de Juniac:** Ich denke, wir haben drei große Herausforderungen vor uns. Zuerst unsere wirtschaftliche und finanzielle Gesundheit zu erhalten und zu verbessern. Zweitens haben wir große Sicherheits-Themen in der Terrorabwehr. Und der

dritte Bereich ist die Infrastruktur. Wenn wir das Nachfragewachstum nach unserem Produkt unterstützen wollen, brauchen wir eine effiziente und bezahlbare Infrastruktur mit ausreichender Kapazität.

### **Die Luftfahrt bleibt eine Wachstumsindustrie, aber die Infrastruktur wächst nicht in gleicher Weise mit. Was können Sie tun, um das zu verbessern?**

**de Juniac:** Wir müssen diese Botschaft immer wieder an die Regierungen senden, damit sie einen langfristigen Plan für die Luftfahrt-Infrastruktur entwickeln und verfolgen, um das Wachstum zu bewältigen. Um die Infrastruktur zu verbessern, bedarf es langfristiger Planung. Obendrein gibt es Widerstände von verschiedenen Seiten, vor allem wenn es um den Bau neuer Flughäfen oder Pisten geht.



**IATA** — Die International Air Transport Association (IATA) ist der internationale Dachverband der zivilen Luftverkehrsgesellschaften mit Sitz in Montréal/Kanada. Ziel ist die Förderung des sicheren und wirtschaftlichen Transports von Passagieren und Frachten in der Luft. Derzeit gehören der IATA 265 Airlines an, die 83 Prozent des internationalen Luftverkehrs repräsentieren. Darüber hinaus zählt die IATA rund 400 strategische Partner, etwa aus der Flugzeug- und Triebwerksindustrie, sowie rund 100.000 akkreditierte Reise- und Frachtunternehmen.



**ICAO** — Die International Civil Aviation Organization (ICAO) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen (UN) mit Sitz in Montréal/Kanada mit dem Ziel, nachhaltiges Luftverkehrswachstum sicherzustellen. Derzeit gehören ihr 191 Vertragsstaaten an. Zu ihren Aufgaben zählen die Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien, die Regelung internationaler Luftverkehrsrechte sowie die Erarbeitung von verbindlichen Standards für den Luftverkehr.



Luftfahrtjournalist Andreas Spaeth (links) im Gespräch mit IATA-CEO Alexandre de Juniac (rechts).

*„Bei unserer Umweltagenda bin ich optimistisch, dass wir große Fortschritte erreicht haben werden. Innovation wird immer ganz oben auf unserer Agenda stehen.“*

---

**Alexandre de Juniac**

Director General und CEO der International Air Transport Association (IATA)

---

**Stimmt es, dass viele Staaten der Luftfahrt noch keinen hohen Stellenwert einräumen?**

**de Juniac:** Luftfahrt sollte für jede Regierung weit oben auf der Agenda stehen. Einige Länder haben entschieden, Luftfahrt zum Herzstück ihrer nationalen Strategie zu machen, etwa einige der Golf-Staaten oder Singapur, Südkorea und die Niederlande. Leider ist das eine Minderheit. Wir drängen auch andere Regierungen, eine Luftfahrtstrategie zu entwickeln und umzusetzen. Vor allem weil hier langfristige Planung gefragt ist, benötigen sie eine strategische Vision für die nächsten zehn oder zwanzig Jahre. Sonst gerät das zum Albtraum. Wie kann es sein, dass es so viele Probleme mit dem neuen Flughafen in Berlin gibt? Warum müssen wir seit 70 Jahren auf eine dritte Start- und Landebahn in London-Heathrow warten? Oder 35

Jahre auf eine schnelle Zugverbindung vom Flughafen Charles de Gaulle ins Zentrum von Paris? Wir müssen Regierungen überzeugen, dass Luftfahrt ein Schlüsselement für Wohlstand ist. Wir sind das Geschäft der Freiheit, das Jobs, Wirtschaftswachstum, Glück und Optimismus bringt.

**Glauben Sie, dass in zehn Jahren noch die gleichen Themen wie heute auf der Agenda der IATA stehen werden?**

**de Juniac:** Manche Themen werden bleiben. Vermutlich werden die Engpässe bei der Infrastruktur nicht komplett behoben sein. Bei unserer Umweltagenda bin ich optimistisch, dass wir große Fortschritte erreicht haben werden. Innovation wird immer ganz oben auf unserer Agenda stehen.

**Die IATA hat sehr unterschiedliche Mitglieder, von Fluggesellschaften auf kleinen Inseln bis hin zu großen Airline-Gruppen. Ist es schwer, einen gemeinsamen Weg für alle zu finden?**

**de Juniac:** Nein, das ist es nicht. Während meiner Zeit als CEO von Air France haben wir die Lobbygruppe A4E gegründet, Low Cost- und Netzwerk-Airlines gemeinsam. Das wurde als unmöglich betrachtet, weil man davon ausging, dass wir kaum gemeinsame Interessen haben dürften. Aber das war völlig falsch. Die Interessengleichheit der beiden größten Low Cost-Gesellschaften mit drei Netzwerk-Airlines lag bei 80 bis 90 Prozent der Themen, mit denen wir uns befasst haben. Und das gilt in gleicher Weise für unsere IATA-Mitglieder. Natürlich gibt es spezifische Themen für kleine Gesellschaften aus kleinen Inselstaaten, und andere für große Netzwerkgesellschaften in Industrieländern. Aber die gemeinsamen Interessen repräsentieren über 60, 70 oder sogar 80 Prozent der Themen. Deshalb wächst die IATA auch. Schon von seiner DNA her ist dies ein globales Geschäft.

**Neben der IATA ist die andere globale Luftfahrtorganisation die ICAO der Vereinten Nationen. Wie kommen Sie miteinander zurecht?**

**de Juniac:** Wir brauchen uns gegenseitig. ICAO ist die „gesetzgebende“ Organisation, die Regeln entwirft und gestaltet, die dann von Staaten umgesetzt werden. Wir sind die Instanz für Fachwissen, Lösungen und Empfehlungen, um diese Regeln zu unterfüttern und mit Branchenwissen und Erfahrung zu ergänzen. Die letzte Session war dafür ein perfektes Beispiel, als die ICAO die Klimakompensation für die Luftfahrt beschlossen hat.

**Oft heißt es, die ICAO agiere sehr langsam...**


**de Juniac:** Zuerst einmal handelt der Luftfahrtsektor generell nicht sehr schnell. Und wie jede zwischenstaatliche Organisation hat die ICAO ihren eigenen Rhythmus. Eine der IATA-Pflichten ist es, die ICAO zu raschem Handeln zu bewei-

gen und sie mit genügend Fachwissen auszustatten, damit sie geschickt und effizient handelt.

**Aber ist es nicht auch Aufgabe der IATA, gemeinsame Verfahrensweisen der Airlines festzulegen?**

**de Juniac:** Ja, unser Job ist es, globale Standards zu gestalten und umzusetzen, die von der ganzen Industrie anerkannt und angewandt werden. Das machen wir zum Beispiel mit unserer Initiative „ONE order“. Damit erzeugt man einen Datensatz pro Passagier, und nicht zwei oder fünf oder sieben wie bisher üblich. Das sorgte für Verwirrung oder führte manchmal auch zu Fehlern.

**Derzeit fliegen fast vier Milliarden Passagiere pro Jahr. Gibt es da immer noch den Glamour des Fliegens oder können Sie ihn irgendwie zurückbringen?**

**de Juniac:** Tatsächlich kehrt ein gewisser Glamour beim Fliegen gerade zurück. Bis in die 1970er Jahre war Fliegen meist eine Fortbewegungsform für Geschäftsreisende und die oberen Schichten der Bevölkerung. Es war teuer, aber auch schnell und komfortabel. Dann kamen die großen Flugzeuge wie die 747, Fliegen wurde ein Massenverkehrsmittel, deshalb sank im Zusammenspiel mit Deregulierung und Liberalisierung das Komfortniveau. Zu jener Zeit verschwand an vielen Stellen das Jet Set-Image der Fliegerei. Erst am Ende der 1990er Jahre haben viele Airlines, vor allem jene mit einer längeren Geschichte, die Notwendigkeit wiederentdeckt, ihre viel zahlenden Passagiere entsprechend bevorzugt zu behandeln. Und seit damals hat es enorme Investitionen in Produkte des oberen Marktsegments gegeben. Aber die Economy Class wurde nicht vergessen. Die Passagiere finden dort oft WLAN, einen hochauflösenden Bildschirm, oder sie können ihr Smartphone anschließen. Für jene, die ein wenig mehr möchten, haben viele Airlines jetzt die Premium Economy eingeführt. Und wir sehen, was alle Airlines am Boden getan haben. Die Lounges sind jetzt ein Traum. Das ist alles viel besser als früher. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autor:

**Andreas Spaeth** ist seit über 25 Jahren als freier Luftfahrtjournalist in aller Welt unterwegs, um Airlines und Flughäfen zu besuchen und über sie zu berichten. Bei aktuellen Anlässen ist er ein gefragter Interviewpartner in Hörfunk und Fernsehen.


**Hitzeschutz** — Kaum ein Bauteil im Triebwerk kommt ohne Schutzschicht aus - hier Thermal Barrier Coating an einem CF34-Brennkammerring.



# Ein Hauch von Schutz

*Beschichtungen schützen Triebwerksbauteile vor zu hohen Temperaturen, bewahren sie vor chemischen Angriffen und rapider Erosion durch Sand und Stäube. Auf dem Weg zu effizienteren Flugantrieben mit höheren Verbrennungstemperaturen und einem wirtschaftlichen Betrieb sind sie zur Schlüsseltechnologie geworden.*

**Autor:** Denis Dilba



Ausgenommen aggressiver Vulkanasche, „die sowieso immer umflogen werden sollte“, sagt Dr. Frank Seidel, kenne er eigentlich nur eine Sache, die einem Triebwerk im normalen Flugalltag noch mehr zusetzt als Sand: flüssiger Sand. Der kann flüssig werden? „Oh ja“, sagt der Leiter Repair Engineering bei der MTU Maintenance in Hannover, „bei Temperaturen um die 1.500 Grad Celsius in der Brennkammer eines modernen Flugtriebwerks schmilzt Sand einfach weg.“ Und was die Körnchen dann mitunter anrichten, konnten Seidel und seine Kollegen bis vor kurzem bei ihren Reparaturen immer wieder beobachten. Da klafften teilweise zentimetergroße Löcher in der Brennkammer. Diese Durchbrand-Schäden entstehen, wenn die heiße Sandschmelze mit der Hitzeschutzschicht reagiert und diese so zum Abplatzen bringt. Genau an diesen Stellen brennt dann das Material weg. Ähnliches müssen die Schaufeln der Hochdruckturbine direkt nach der Brennkammer erleiden.

## **CMAS-resistente Hitzeschutzschicht**

Oft müssen Flugzeuge, die solche Schäden an den Triebwerken aufweisen, sogar in kürzester Zeit die betroffenen Engines außerplanmäßig austauschen lassen. Und da man das Triebwerk anschließend für die Reparatur zeitaufwändig auseinandern muss, steigen die Ausgaben noch weiter in die Höhe. Dass solche massiven Schadensfälle bei MTU-Kunden in sandigen Gegenden künftig seltener werden, liegt an einer neuen Entwicklung der MTU Aero Engines: einer Hitzeschutzschicht, die dem flüssigen Sand weitgehend widerstehen kann. Die sogenannte CMAS-resistente Hitzeschutzschicht – das Buchstabenkürzel steht für Calcium-Magnesium-Aluminum-Silicates, den Hauptbestandteilen von Sand – ist nur ein Beispiel für die Leistungsfähigkeit und Vielfalt der bei der MTU eingesetzten Beschichtungssysteme. Übliche Thermal Barrier Coatings bestehen aus einem metallischen Korrosionsschutz und einer darüber liegenden Schicht aus Yttrium teilstabilisiertem Zirkonoxid (YSZ), einer mikroporösen Keramik. „Dieses Oxidkeramik leitet nur sehr schlecht Wärme weiter und hält die mit Luft gekühlten Bauteile auf niedrigeren Temperaturen“,

erklärt Seidel. Kommt YSZ allerdings mit geschmolzenem Sand in Kontakt, saugt es sich voll, verhärtet und platzt ab. Daher hat Seidels Team über das YSZ eine weitere Schicht platziert, die so mit der Sandschmelze reagiert, dass die Wärmedämmung erhalten bleibt. „Das Knifflige daran war, nachzuweisen, dass die normale Hitzeschutzschicht unter dem zusätzlichen CMAS-

Schutz auch dann tadellos funktioniert, wenn man nicht in Gebieten mit viel Sand fliegt – sonst hätten wir keine Zulassung dafür bekommen“, sagt Seidel. „Wer in heutigen Triebwerken nach einem Bauteil sucht, das nicht beschichtet ist, muss tatsächlich etwas suchen“, sagt Dr. Jörg Eßlinger, Leiter Werkstofftechnik bei der MTU in München.



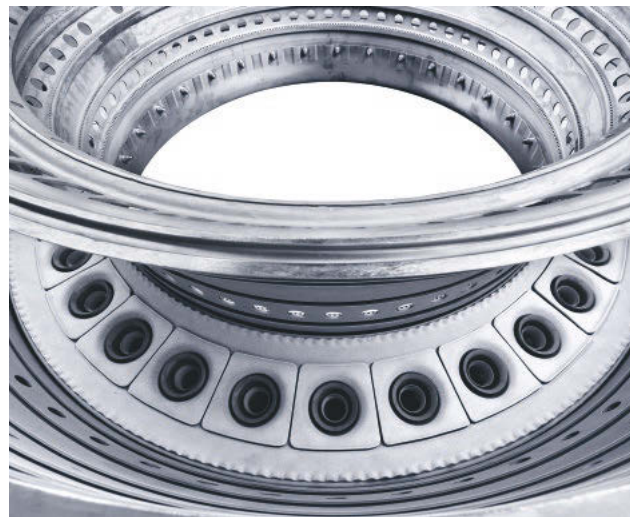
**Abgeplatzt** \_\_\_\_\_ Schäden an der Hitzeschutzschicht in der Brennkammer eines CF6-80C2.



**Vor der Reparatur** \_\_\_\_\_ Brennkammerbauteil eines CF6-80C2.



**Wieder hergestellt** \_\_\_\_\_ CF6-80C2-Brennkammer mit Thermal Barrier Coating.



**Fast wie neu** \_\_\_\_\_ Thermal Barrier Coating in der CF6-80C2-Brennkammer.



„Schon heute wären die meisten Materialien ohne Hightech-Schichten nicht einsatzfähig.“

**Dr. Frank Seidel**

Leiter Repair Engineering, MTU Maintenance Hannover

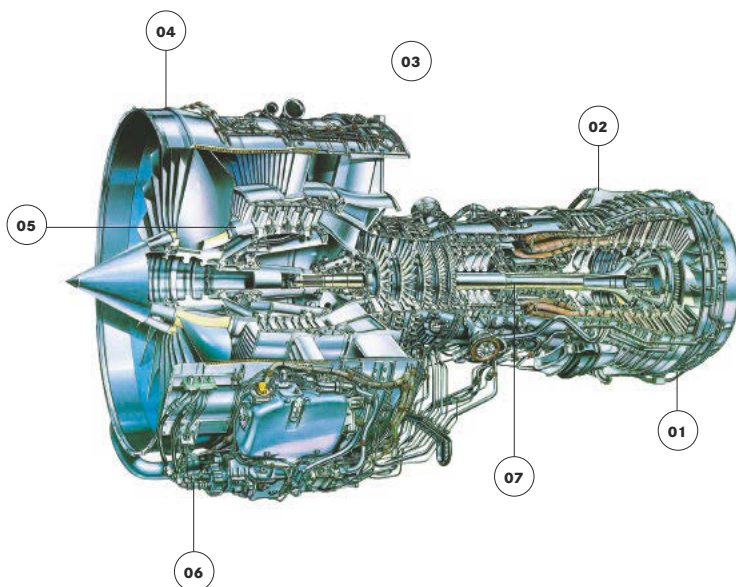
### Mehr als die Hälfte der Bauteile im Triebwerk sind beschichtet

„Mehr als die Hälfte sind nämlich bereits in der einen oder anderen Art beschichtet.“ Die eine große Gruppe der Beschichtungen wird vor allem gegen Abrieb eingesetzt. Der kann einerseits durch eingesogenen Sand und Staub entstehen, die auf Triebwerksbauteile wie ein Sandstrahlgebläse wirken, andererseits aber auch dadurch, dass sich Bauteile gegeneinander bewegen und reiben, beispielweise Schaufeln und Gehäuseteile. Die andere große Beschichtungsgruppe hat die Aufgabe, vor heißem Gas und chemischen Angriffen auf die Werkstoffe zu schützen, wie beispielsweise dem von flüssigem Sand. Der Anteil von Beschich-

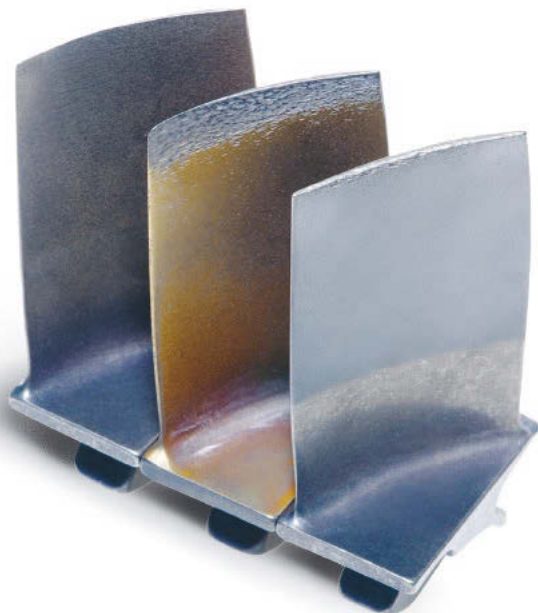
tungen wird in Zukunft noch weiter wachsen, ist sich der Experte sicher. Das liegt vor allem daran, dass eine der wenigen Möglichkeiten, die man überhaupt noch hat, die Effizienz von Triebwerken zu steigern, darin liegt, die Verbrennung noch heißer ablaufen zu lassen. Eine Herausforderung, die die Triebwerksmaterialien ohne bessere und leistungsfähigere Beschichtungen nicht meistern können: „Schon heute wären die meisten Materialien ohne Hightech-Schichten nicht einsatzfähig“, sagt Seidel.

Dazu komme noch ein weiterer Aspekt, sagt Thomas Dautl, Leiter Fertigungstechnologien bei der MTU: „Mit insgesamt wartungsärmeren Triebwerken rechnet sich das Fly-by-Hour-

### BESCHICHTUNGEN IM TRIEBWERK



- 01 \_\_ Korrosions-/Oxidationsschutzschichten**  
*Turbinenschaufeln*
- 02 \_\_ Wärmedämmschichten**  
*Turbinenschaufeln, Brennkammer*
- 03 \_\_ Maßkorrekturschichten**  
*alle Bauteile*
- 04 \_\_ Titanfeuerschutzschichten**  
*Verdichtergehäuse*
- 05 \_\_ Erosionsschutzschichten**  
*Verdichterschaufeln*
- 06 \_\_ Anstreich- und Dichtungsbeläge**  
*Gehäuse, Schaufelspitzen, Dichtringe*
- 07 \_\_ Verschleißschutzschichten**  
*Gehäuse, Schaufeln, Scheiben, Wellen*



#### Schaufelbeschichtung im Vergleich \_\_\_\_\_

Unbeschichtete und beschichtete V2500-Verdichterschaufeln nach zwei Jahren Einsatz. Rechts: mit MTU-Erosionsschutz.

Geschäftsmodell besser.“ Dabei bezahlen die MTU-Kunden für die Flugstunden, die das Triebwerk geleistet hat, eine Gebühr, die sowohl die planmäßige Instandhaltung als auch ungeplante Reparaturen beinhaltet. „Ähnlich wie bei einer Versicherung“, so Dautl. „Je weniger ungeplante Schäden auftreten, desto besser für den Kunden und desto mehr Kostenersparnis für uns.“ Das funktioniert nur, weil die MTU zunächst investiert, erklärt Dautl. „Aber der Hebel ist gigantisch, weil sie damit die Lebensdauer eines Bauteils um den Faktor zwei bis drei erhöhen können“, so der Fertigungsexperte.

#### Aufgedampfte Elastizität

Auch der MTU-Erosionsschutz ERCoat<sup>nt</sup>® trägt dazu seinen Teil bei. „Die Beschichtung für Hochdruckverdichterlauf- und -leit-schaufeln bietet einen sechs- bis zehnfach besseren Widerstand vor Erosion als unbehandelte Bauteile“, sagt Werkstoffexperte EBlinger. In Gebieten mit viel Sand, Staub und Aerosolen in der Luft, wie dem Mittleren Osten oder Indien, muss ein Erosionsschutz aber auch so gut sein: „Ohne Beschichtung kommt es hier bereits nach wenigen Flugstunden zu einem Materialabtrag an den Schaufeln und den damit verbundenen Performanceverlusten des Triebwerks“, sagt EBlinger. Damit ERCoat<sup>nt</sup>® dem Partikel-Dauerbeschuss besonders gut standhält, haben die MTU-Entwickler den Abriebschutz als Mehrschichtsystem ausgelegt. Jeweils zwei Beschichtungen im Wechsel werden dazu auf die Schaufeln aufgebracht. Insgesamt rund 15 Schichten, jede we-

nige Mikrometer dick und immer Metallnitrid gefolgt von Metall. So wird ein Dilemma aufgelöst, das der herkömmliche Erosionsschutz bisher mitbrachte: Legt man ihn hart aus, schützt er gut vor Abrieb, vergrößert aber auch die Gefahr der Keimbildung für Risse. Macht man ihn weicher, mindert man dieses Risiko zwar, allerdings zu Lasten der Lebensdauer der Schicht.

In ERCoat<sup>nt</sup>® wechseln daher harte und weiche Schichten ab. „Das sorgt dafür, dass der Erosionsschutz eine gewisse Plastizität besitzt und damit bei Sand-und-Staub-Beschuss nicht so schnell anreißt“, sagt Dautl. Und falls doch, könne sich der Riss auch nicht unkontrolliert vergrößern, da ihn die weiche Schicht stoppt. Im Lauf der Bauteillebensdauer werden die einzelnen Schichten nacheinander verbraucht und bieten auch auf den letzten Mikrometern noch aktiven Schutz. „Und dann bringen wir das Schichtsystem einfach wieder neu auf“, sagt Repair-Experte Seidel. Dazu setzt die MTU auf das Physical-Vapour-Deposition-Verfahren, kurz PVD. Dabei werden die jeweiligen Schichtmaterialien im Vakuum verdampft und schlagen sich anschließend auf dem Bauteil nieder. „Je länger wir eine Schaufel im Dampf lassen, desto dicker wird die Schicht darauf“, erklärt Seidel.

#### Aluminium-Chrom für die Niederdruckturbinen

Deutlich längere Bauteillebensdauer verspricht auch eine neue und vor allem für alle Stufen der Niederdruckturbinen gedachte Aluminium-Chrom-(AlCr)-Beschichtung. Sie schützt gleichzei-

*„Die Beschichtung für Hochdruckverdichterlauf- und -leitschaufeln bietet einen sechs- bis zehnfach besseren Widerstand vor Erosion als unbehandelte Bauteile.“*


**Dr. Jörg Eßlinger**

Leiter Werkstofftechnik, MTU Aero Engines

tig vor Oxidation bei Temperaturen oberhalb 900 Grad Celsius und vor Sulfidation bei 700 bis 900 Grad. Mit letzterem Begriff werden chemische Reaktionen bezeichnet, die das Material angreifen und bei denen Schwefel als Katalysator wirkt. In einem von der MTU patentierten Verfahren wird gezielt sowohl Chrom als auch Aluminium in die Schaufeloberfläche eingebracht, um je nach Anforderung lokal (also entsprechend des Temperaturprofils des Bauteils) gezielt gegen Oxidation und Sulfidation zu schützen, sagt MTU-Werkstofftechnikchef Dr. Jörg Eßlinger. „Das gibt unseren Kunden Flexibilität und in jedem Fall einen viermal besseren Schutz gegen Sulfidation als bisher.“

### Immer spezifischere Schichten

So eine einstellbare AlCr-Schicht ist für Uwe Schulz vom Institut für Werkstoffforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und

Raumfahrt in Köln ein Ausblick auf das, was kommt. Der Leiter der Abteilung für Hochtemperatur- und Funktionsschichten rechnet damit, dass künftig nicht nur mehr Bauteile beschichtet werden, sondern diese auch deutlich spezifischer. „Einerseits, weil man mehr Möglichkeiten durch ein wachsendes Verständnis von Wirkmechanismen hat und bestehende Schichten so verbessern kann, dass Triebwerke noch ein Stück effizienter arbeiten, andererseits, weil man bei neuen Werkstoffen dazu gezwungen wird“, so Schulz. So versprechen etwa faserverstärkte Keramiken ein großes Verbesserungspotenzial bei Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer und Gewicht für die Triebwerke von morgen. „Aber auch solche Keramikwerkstoffe brauchen zusätzliche Schutzschichten“, sagt Schulz. An den unscheinbaren Schichten mit der großen Wirkung führt auch in Zukunft kein Weg vorbei. 



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)




Autor:

**Denis Dilba** studierte Mechatronik, besuchte die Deutsche Journalistenschule und gründete das digitale Wissenschaftsmagazin Substanz. Er schreibt über verschiedenste Themen aus Technik und Wissenschaft.

# Kleine Reparatur – große Wirkung

*Manchmal kann ein unscheinbares Bauteil beträchtliche Auswirkungen haben: Beim Hochdruckverdichter des V2500-Triebwerks reduzierten lose Drahtenden an dünnen Ringen zur Schwingungsdämpfung die Lebensdauer deutlich. Die MTU Aero Engines hat dafür eine einfache Lösung entwickelt.*

*Autoren: Achim Figgen, Thorsten Rienth*



**Nut und Feder** — Die Enden der Schwingungs­dämpfungsdrähte am V2500-Hochdruckverdichter­gehäuse werden bei dieser von der MTU entwickelten Reparatur nach dem Nut-und-Feder-Prinzip ineinander geschoben und reiben damit nicht mehr an der Haltenut im Gehäuse.

Die „V“, wie die Instandhaltungsspezialisten bei der MTU Maintenance Hannover das V2500-Triebwerk nennen, ist im Shop regelmäßiger Gast. An über der Hälfte aller weltweit fliegenden Mitglieder der Airbus A320-Familie ist es verbaut. Eigentlich sollte sein Hochdruckverdichter 16.000 bzw. 20.000 Cycles halten, also die entsprechende Anzahl von Starts und Landungen. Doch schon bald machten die Instandhalter eine andere Erfahrung: In aller Regel musste der vordere Teil der Verdichterrotortrommel, ein sehr wertvolles Bauteil, bereits nach etwa 8.000 Cycles gewechselt werden.

Schuld daran sind vergleichsweise unscheinbare Bauteile, nämlich die nur millimeterbreiten Dämpfungsdrähte aus einer Kobalt-Basislegierung. Den Verdichterschaukeln der Stufen 6 bis 8 dienen sie als Schwingungsdämpfer, damit sich Schaufelkranz und Rotor nicht gegenseitig abnutzen und Schaufelbrüche ver-

hindert werden. Die Drahtenden fraßen sich im Laufe des Einsatzes in die Titanlegierung der Haltenuten ein, in denen die sechs Dämpferringe unmittelbar vor und hinter den Schaufelfüßen sitzen. Sie beschädigten die Nut so stark, dass der Rotor bereits nach besagten rund 8.000 Cycles für den weiteren Betrieb nicht mehr verwendbar war.

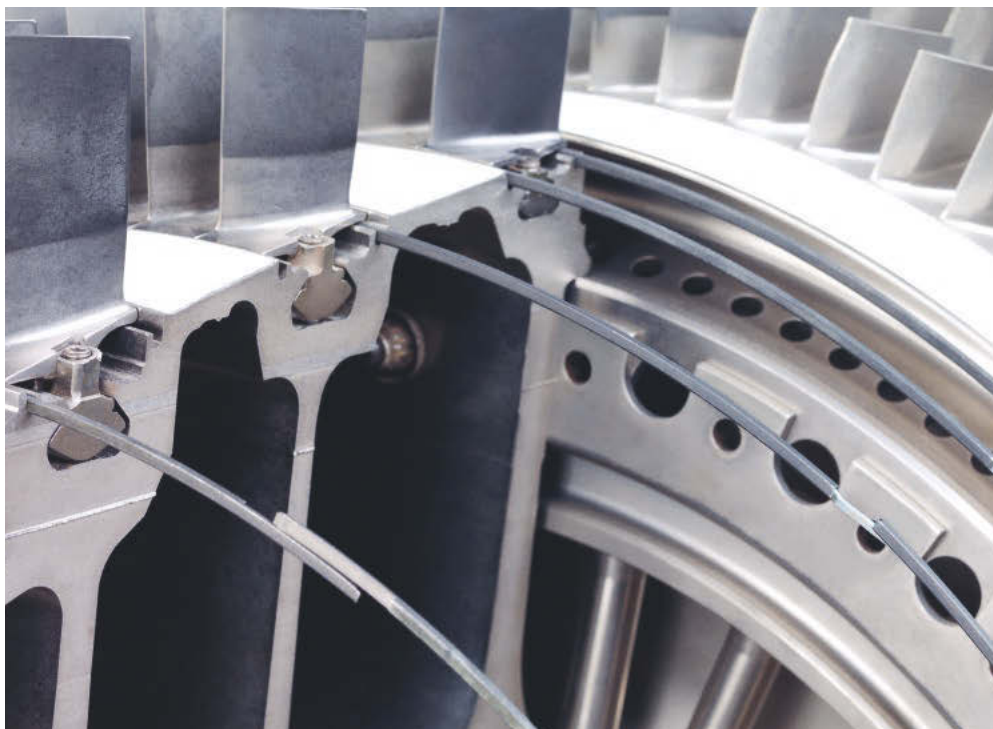
### Schlüssel-Schloss-Prinzip im Millimeterbereich

Zwar hatte der OEM selbst am Draht mehrfach Veränderungen vorgenommen. Seine ursprünglich stumpfen Enden rundeten die Ingenieure ab. Später versuchten sie es mit einer Überlappung der Enden. Die Lösung, die die MTU erarbeitete, war eine Nut-Feder-Variante anstelle der stumpf aneinander stoßenden oder überlappenden Dämpfungsdrahtenden. Für den Nachweis der Wirksamkeit mussten die Reparatur-Entwicklungsteams aus den MTU-Standorten Hannover und Mün-

chen sowie eine Vielzahl weiterer Analytik-, Werkstoff- und Test-Ingenieure das komplette Luftsystem genau unter die Lupe nehmen, sämtliche Belastungen einbeziehen und Materialproben unter dem Rasterelektronenmikroskop untersuchen.

„Vereinfacht gesagt, steckt ein Schlüssel-Schloss-Prinzip im Bereich von Millimeter-Bruchteilen dahinter“, erläutert Triebwerksingenieur Christian Heinzmaier. „Am einen Ende verjüngt sich der Draht. Das Gegenstück auf der anderen Seite ist genau so konstruiert, dass das verjüngte Ende wie in eine Art kleinen Tunnel hineinfahren kann. Auf einer Länge von sechs Millimetern sind die Enden dabei flexibel – und können dadurch die Wärmedehnungen und Belastungen ertragen, ohne zu brechen. Der Clou dabei ist jedoch, dass durch diese Verklüftung die Drahtenden nicht mehr frei schwingen können, sich dadurch nicht mehr in die Nutwände eingraben und die Repara-

**Alt und neu am Schnittmodell** \_\_\_\_\_ *Linkes Bild: Vorne die übereinander gelegten Drahtenden, hinten die ineinander geschobenen. Rechtes Bild: Detailaufnahme der verklüfteten Drahtenden, die so nicht mehr frei schwingen und sich in die Nutwände der Trommel eingraben können.*



tur der Nutwand durch Ausschleifen viel später fällig wird.“ Eine vergleichsweise einfache Lösung sei das. „Aber man muss halt draufkommen.“

### Zweite Baustelle: äußere Nutwand

Denn weil die äußere Nutwand besonders an der achten Stufe sehr dünn ist, bleibt bei starken Beschädigungen nach dem Abschleifen kaum noch Material übrig. Deshalb wird die Schadstelle bei der Reparatur komplett herausgefräst. Weil dadurch keine Auflagefläche für die Schaufeln mehr vorhanden ist, was zu einem unzulässig starken Kippen führen könnte, versieht die MTU die vordere Nutwand mit einer wenige Zehntel Millimeter dünnen Beschichtung. Dabei kommt ein neues und funkenfreies Verfahren zur Anwendung. „So können wir ausschließen, dass die Eigenschaften des Rotor-Titanwerkstoffs beeinträchtigt werden.“

### Zulassung nach 8.000 Cycles und 150 Stunden Dauerlauf

Dass sich der reparierte Rotor genauso wie der ursprüngliche Rotor verhält und auch sonst keine weiteren Beschädigungen auftreten, erkannten die EASA und die FAA mit ihrer Zulassung des Verfahrens an. 8.000 Cycles mussten die Dämpfungsdrähte dazu auf dem Prüfstand durchlaufen. Schließlich folgte ein 150-Stunden-Dauerlauf in einem kompletten V2500-Triebwerk. Mit der Zulassungsurkunde ist die MTU Maintenance das einzige unabhängige Instandhaltungsunternehmen weltweit, das eine im eigenen Haus entwickelte Reparatur an einem Lebensdauerlimitierten Bauteil durchführen darf, dessen Designverantwortung nicht bei ihm selbst liegt. Erste Erfahrungen aus dem praktischen Einsatz zeigten hervorragende Ergebnisse mit kaum messbarem Verschleiß und bestätigen die Funktionalität der Reparaturlösung. Erster Großkunde dafür war die US-amerikanische Fluggesellschaft JetBlue. Sie setzt das V2500-Triebwerk an ihren Airbus-Flugzeugen vom Typ A320 und A321 ein.

Die Reparatur spart vor allem Kosten und sichert die Kapazitäten der Flotte ab. „Jedes Mal, wenn ein Rotor ausgetauscht wird, muss das Triebwerk komplett vom Flügel genommen werden“, erklärt Gert Wagner, Director Engine Programs bei der MTU Maintenance Hannover. „Das ist mit einem nicht zu unterschätzenden Zeitaufwand verbunden.“ Zeit, in der die Airline keine Passagiere transportieren kann – und auch kein Geld verdient. Ein positiver Nebeneffekt der Reparatur: Wertvolles Material am Rotor bleibt länger erhalten. Eins zu eins übertragbar auf andere Triebwerke sind die neuen Dämpfungsringe nicht. „Aber den Aufbau der verjüngten Drahtenden, den merken wir uns natürlich.“



01



02

**01** \_\_\_\_ Die Nuten in der Verdichtertrommelwand müssen manuell ausgeschliffen werden.

**02** \_\_\_\_ Fräsen des Dichtungsringes an der Verdichtertrommel.



Fragen, Wünsche, Anregungen? Hier erreichen Sie die Redaktion:  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)



Mehr zum Thema: [www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)



Autoren:

**Achim Figgen** ist Dipl.-Ingenieur der Fachrichtung Luft- und Raumfahrttechnik, Luftfahrt-Fachjournalist und Autor mehrerer Bücher über Luftfahrt-Themen.

**Thorsten Rienth** schreibt als freier Journalist für den AEROREPORT. Seine technikjournalistischen Schwerpunkte liegen neben der Luft- und Raumfahrtbranche im Bahnverkehr und dem Transportwesen.

# Die A320-Fami

Vor 30 Jahren, am 22. Februar 1987,

1988

Eine A320-200 mit V2500-Triebwerken von International Aero Engines (IAE) absolvierte ihren **Erstflug am 28. Juli 1988.**

13.061

Die A320-Familie ist das erfolgreichste Single-Aisle-Programm der Welt - **13.061 Flugzeuge** wurden bisher bestellt, 7.481 ausgeliefert (darunter 82 A320neo, Stand Feb. 2017).

7

**Alle 7 Stunden** verlässt ein Flugzeug der A320-Familie eine der Endmontagelinien in aller Welt (Europa, China und USA).

11,5 Milliarden

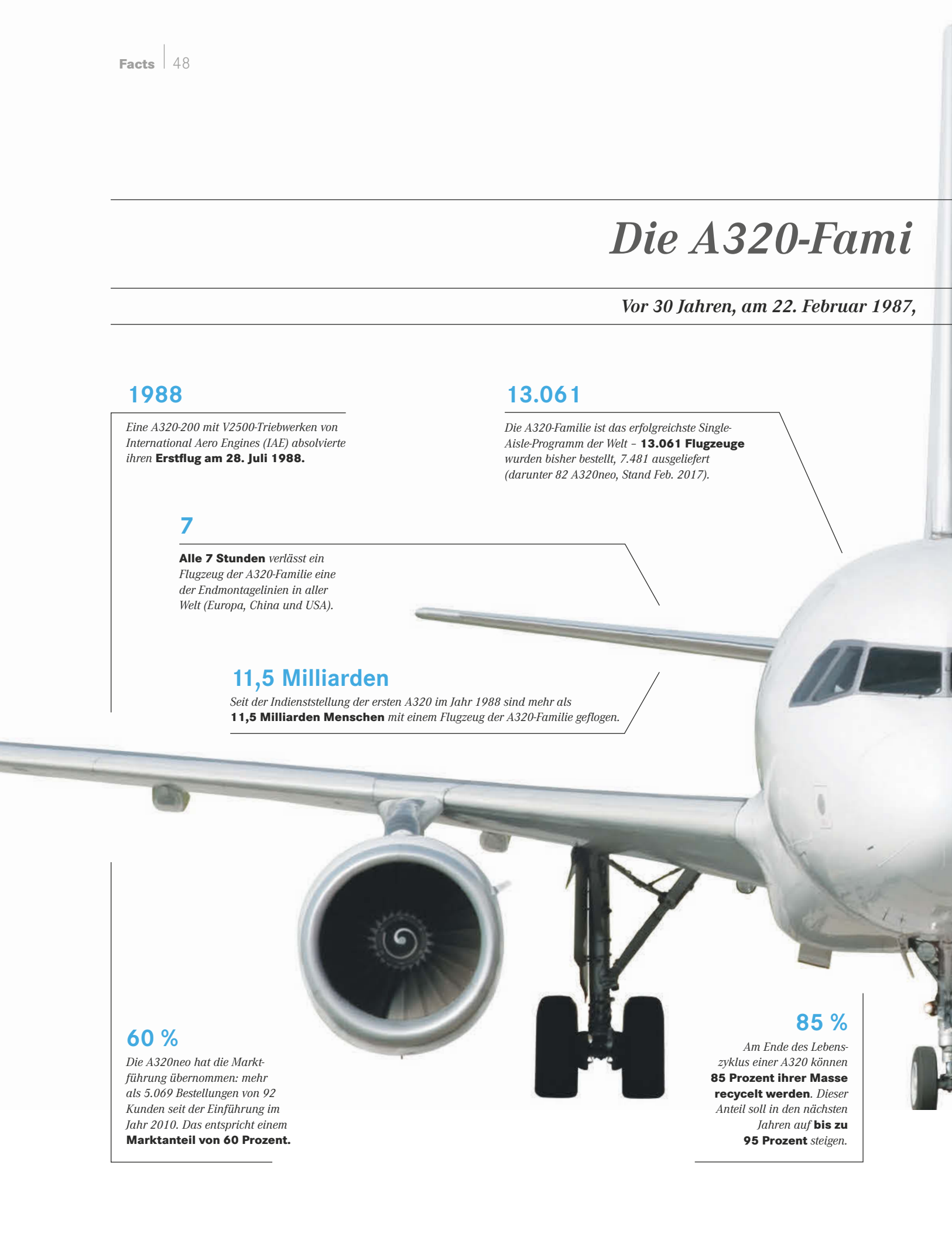
Seit der Indienststellung der ersten A320 im Jahr 1988 sind mehr als **11,5 Milliarden Menschen** mit einem Flugzeug der A320-Familie geflogen.

60 %

Die A320neo hat die Marktführung übernommen: mehr als 5.069 Bestellungen von 92 Kunden seit der Einführung im Jahr 2010. Das entspricht einem **Marktanteil von 60 Prozent.**

85 %

Am Ende des Lebenszyklus einer A320 können **85 Prozent ihrer Masse recycelt werden.** Dieser Anteil soll in den nächsten Jahren auf **bis zu 95 Prozent** steigen.





# lie in Zahlen

startete die erste A320 zu ihrem Erstflug

260

Alle gefertigten Flugzeuge der A320-Familie von der Nase bis zum Heck aneinandergereiht würden eine Strecke von über **260 km Länge** ergeben. Das entspricht ca. der Länge von 2.500 Fußballfeldern.

1.

Die A320 war weltweit das **erste zivile Verkehrsflugzeug** mit einer digitalen Fly-by-Wire-Steuerung.

16 %

Die MTU ist mit **16 Prozent am IAE V2500 beteiligt** und unter anderem für die Niederdruckturbinen verantwortlich.

1,6

Alle **1,6 Sekunden** startet oder landet weltweit eine A320.

45 %

Das **V2500-Triebwerk** hält zurzeit etwa einen Anteil von **45 Prozent in diesem Segment** der A320-Familie und kommt bei ungefähr 190 Airlines und Leasingunternehmen zum Einsatz.

4.300

Die MTU Maintenance setzt alle Modelle des V2500 instand. **Seit 1989 hat sie für diesen Antrieb über 4.300 Shop Visits** durchgeführt, davon über 290 - und damit mehr als je zuvor - im Jahr 2016. Weltweit betreut sie mehr als 80 V2500-Kunden.

# Messbares Wachstum

## Werte aus der Unternehmensbilanz 2016

**Rund 6,2 Milliarden Euro** ist die MTU an der Börse wert, bei einem Aktienkurs von **118 Euro**. (Stand: März 2017)

**14 Milliarden Euro** Gesamt-Auftragsbestand konnte die MTU 2016 als neuen Rekordwert erzielen. Dieser Wert stieg im Vergleich zum Vorjahr um 13 Prozent.

**13 Prozent** beträgt die Gewinnwachstumsrate der MTU 2016. Damit wurde ihr Ziel um 5,4 Millionen Euro übertroffen.

**7 Prozent** mehr Umsatz 2016 bedeuten einen neuen Umsatzhöchststand von gut 4,7 Milliarden Euro.

**5,1 bis 5,2 Milliarden Euro** Konzernumsatz prognostiziert die MTU für 2017.

# Bildersuch-Rätsel

Auf welcher Seite des **AEROREPORTS** befinden sich die folgenden Bildausschnitte?

Bildausschnitt 1:



Seite:

Bildausschnitt 2:



Seite:

Bildausschnitt 3:



Seite:

Bildausschnitt 4:



Seite:

Zehn Einsender der richtigen Lösung dürfen sich bald über je einen Bluetooth Lautsprecher freuen. Senden Sie Ihre Lösung bis 31. Juli 2017 an [aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de) oder an:

MTU Aero Engines AG, Redaktion **AEROREPORT**, 80995 München.

Viel Glück!

## AEROREPORT 0117

### Herausgeber

MTU Aero Engines AG  
Eckhard Zanger  
Leiter Unternehmenskommunikation  
und Public Affairs

### Redaktionsleitung

Dongyun Yang

### Chefredaktion

Eleonore Fähling

### Printumsetzung

Antje Endter

### Onlineumsetzung

Patricia Hebbing

### Anschrift

MTU Aero Engines AG  
Dachauer Straße 665  
80995 München, Deutschland  
[aeroreport@mtu.de](mailto:aeroreport@mtu.de)  
[www.aeroreport.de](http://www.aeroreport.de)

### Autoren

Monika Weiner, Philipp Bruhns,  
Silke Hansen, Thorsten Rienth,  
Andreas Spaeth, Denis Dilba,  
Achim Figgen

### Layout

SPARKS Advertising Werbeagentur GmbH,  
München

### Bildnachweis

*Titel* shutterstock, MTU Aero Engines  
*2\_3* MTU Aero Engines  
*6\_7* MTU Aero Engines, Bombardier  
*8\_15* MTU Aero Engines  
*16\_19* Peter Diehl, MTU Aero Engines  
*20\_25* Foster + Partners, Spotter Mexico,  
Juan Carlos Guerra  
*26\_29* Leibniz Universität Hannover  
*30\_31* MTU Aero Engines  
*32\_37* Andreas Spaeth, IATA  
*38\_43* MTU Aero Engines  
*44\_47* MTU Aero Engines  
*48\_50* MTU Aero Engines, Foster + Partners,  
Peter Diehl  
*51* MTU Aero Engines

### Druck

EBERL PRINT GmbH, Immenstadt

### Online

ADVERMA  
Advertising und Marketing GmbH, Rohrbach

*Texte mit Autorenvermerk geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für unverlangtes Material wird keine Haftung übernommen. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach Rücksprache mit der Redaktion erlaubt.*



## LIFETIME EXCELLENCE

MTU Maintenance, the world leader in independent engine services. As engine experts, we focus on maximizing your earnings and optimizing costs during the life cycle of the engine and beyond. With decades of experience, we offer tailored solutions encompassing innovative MRO services, integrated leasing and best-of-breed asset management. There is always a better solution for your engines, MTU has it.

[www.mtu.de/maintenance](http://www.mtu.de/maintenance)



**AEROREPORT**

MTU Aero Engines AG, Dachauer Straße 665, 80995 München, Deutschland  
aeroreport@mtu.de, www.aeroreport.de